REVISTA
ESPAMCIENCIA
para el agro

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

ISSN-e: 1390-8103

VOLUMEN 15

N°1

ENERO-JUNIO 2024

humanis EDITORIAL

latindex BASE REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico MIAR Matriz de Información para el Análisis de Revistas PERIÓDICA Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias Dialnet AmeliCA

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA EN EL ALTIPLANO DE MICHOACÁN

ANALYSIS OF SUSTAINABILITY IN SHEEP PRDUCTION SYSTEMS IN THE HIGHLANDS OF MICHOACAN

María Guadalupe Josefina Nuncio-Ochoa[1], Benjamín Gómez Ramos[1], Ernesto Encarnación Bobadilla Soto[2], José Nahed Toral[3], Carlos Manuel Arriaga Jordán[4] y Rafael María Román Bravo[5]

[1]Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, km. 6,5 Carretera Morelia-Salamanca, Col. Los Ángeles, Morelia, Michoacán, México.
[2]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).
[3]El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
[4]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
[5]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Michoacán

Email: rafael.roman@umich.mx

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 29/09/2023

Aceptado: 08/02/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):1-11

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.420

Resumen

La sostenibilidad de los sistemas de producción ovina puede estar en riesgo y debe ser evaluada con el fin de identificar acciones para mejorar su desempeño. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la sostenibilidad de las unidades de producción ovina en la zona del Altiplano del estado de Michoacán, México. Se utilizó el método de Indicadores de sostenibilidad de las explotaciones agropecuarias, a través de las escalas: agroecológica, socio-territorial y económica. Se evaluaron 40 indicadores, mediante una encuesta semiestructurada en 108 unidades de producción. Los indicadores de cada unidad de producción ovina se concentraron en una base de datos y se obtuvieron los puntajes de acuerdo a la guía del método. Con el propósito de agrupar las unidades de producción ovinas con características similares, se realizó un análisis multivariado de conglomerados utilizando el método jerárquico. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en las tres escalas evaluadas con: 42,3; 47,7 y 50,0% unidades de sostenibilidad respectivamente. La principal limitante de la sostenibilidad fue la escala agroecológica, en el componente de organización del espacio. Se obtuvieron cuatro conglomerados de las unidades de producción ovinas con diferentes características. Las unidades de producción ovina de la zona no han alcanzado un estado de sostenibilidad aceptable. La limitada superficie de terreno pone en riesgo su permanencia. Estas unidades de producción logran generar recursos económicos y apoyan el autoabastecimiento familiar, lo que les ha permitido permanecer a través del tiempo, debido a la diversidad de las especies agropecuarias que manejan.

Palabras clave: Análisis multi – escala, dimensiones agroecológicas, socio - territorial y económica.

Abstract

The sustainability of sheep production systems may be at risk and must be evaluated in order to identify actions to improve their performance. Therefore, the objective of this research was to evaluate the sustainability of sheep production units in the highlands area of the state of Michoacán, Mexico. The method of sustainability indicators of agricultural holdings was used, through the scales: agroecological, socio-territorial and economic. 40 indicators were evaluated through a semi-structured survey in 108 production units. The indicators of each sheep production unit were concentrated in a database and scores were obtained according to the method guide. In order to group sheep production units with similar characteristics, a multivariate cluster analysis was carried out using the hierarchical method. Significant differences ($p \leq 0.05$) were found in the three scales evaluated with: 42.3; 47.7 and 50.0% sustainability units respectively. The main limitation of sustainability was the agroecological scale, in the space organization component. Four clusters of sheep production units with different characteristics were obtained. The sheep production units in the area have not reached a state of acceptable sustainability. The limited land area puts its permanence at risk. These production units manage to generate economic resources and support family self-sufficiency, which has allowed them to remain over time, due to the diversity of the agricultural species they manage.

Keywords: Multi - scale análisis, agroecological social, territorial and economic dimensions.

INTRODUCCIÓN

El concepto de desarrollo sostenible abarca de manera integral aspectos ambientales, sociales y económicos de las actividades humanas, con el objetivo de asegurar su perdurabilidad a mediano y largo plazo (Van Passel *et al*., 2007). Esto implica que las actividades deben ser económicamente viables, ecológicamente racionales y socialmente responsables, formando así el marco conceptual conocido como la Triple Bottom Line (TBL), al cual las empresas y microempresas deben adherirse para lograr la sostenibilidad (Berkovics, 2010). Siguiendo esta línea de pensamiento, Vilain *et al*. (2008) han enfatizado que, particularmente en el contexto de la producción agropecuaria, es esencial que las actividades sean económicamente viables, ecológicamente sostenibles y socialmente equitativas para alcanzar la sostenibilidad.

La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios se convierte en una herramienta clave para identificar áreas de mejora en estos tres pilares fundamentales. En este contexto, Zahm *et al*. (2008) desarrollaron el método de los Indicadores de sostenibilidad de las Explotaciones Agrícolas (IDEA), el cual ha demostrado su efectividad en diversos sistemas agrícolas y pecuarios en diferentes países, como lo evidencian estudios previos (Ghozlane *et al*., 2006, 2008; Toma *et al*., 2008; M'Hamdi *et al*., 2009; Marie *et al*., 2009), tanto en el ámbito internacional como en México, donde ha sido aplicado exitosamente, como lo reflejan los trabajos de Fadul-Pacheco *et al*. (2013) y Salas-Reyes *et al*. (2015).

Es relevante destacar que, en México, la evaluación de los sistemas agropecuarios ha sido abordada mediante otros métodos, como la Metodología para Evaluar la Sustentabilidad de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (MESMIS), como lo han mencionado Astier *et al*. (2011). Los resultados obtenidos a través de estas evaluaciones han sido alentadores y han servido como punto de partida para el desarrollo de modelos alternativos, particularmente en el contexto de la producción ovina, como se evidencia en el trabajo de Alemán *et al*. (2007). De esta manera, se abre la posibilidad de contribuir a la promoción de una producción más sostenible, a través de la educación, la extensión y políticas de investigación pertinentes, con la aspiración de que estos enfoques puedan extenderse a sistemas similares en América Latina, como lo han señalado Fadul-Pacheco *et al*. (2013).

La producción agrícola sostenible es actualmente una prioridad a nivel mundial, y México no es la excepción en este enfoque. En el país, se promueven leyes y regulaciones que fomentan la adopción del desarrollo sostenible a través de la gestión racional de los recursos naturales. Esto incluye el impulso de tecnologías agroecológicas para mejorar la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental, incluyendo la mitigación de la contaminación, como el efecto invernadero.

En el contexto mexicano existen diversas unidades de producción agropecuarias con ovinos (UPO), abarcando desde la agricultura campesina de pequeña escala (Arriaga-Jordán *et al*., 2005) hasta operaciones de gran envergadura en confinamiento total, con enfoque empresarial (Cuéllar *et al*., 2011). A pesar de que el país cuenta con un rebaño ovino de 8.4 millones de cabezas (según datos del SIAP en 2015), la producción aún no logra satisfacer la demanda nacional, lo que resulta en la importación de aproximadamente el 45% de la demanda anual de carne ovina (Nuncio-Ochoa *et al*., 2014).

Este panorama de la producción ovina en México se caracteriza por diversos desafíos, como bajos rendimientos, la degradación de las áreas de pastoreo, la falta de organización entre los productores, la ausencia de estándares de precios, la falta de clasificación de la carne en canal y cortes, la carencia de apoyo por parte de organismos gubernamentales y una asistencia técnica insuficiente (Acevedo *et al*., 2011). Estos problemas son elementos clave que deben abordarse para mejorar la sostenibilidad y la competitividad de la producción ovina en México.

En el estado de Michoacán, la producción de ovinos desempeña un rol significativo en los sistemas agropecuarios, ya que contribuye de manera sustancial a la economía de las unidades de producción. En este contexto, se ha identificado cuatro regiones destacadas en la cría de ovinos, siendo el Altiplano Michoacano la más prominente, al albergar aproximadamente el 49,5% del rebaño ovino total y liderar en la producción de carne en el estado (Nuncio-Ochoa *et al*., 2014).

Dado su peso en la producción ovina del estado, evaluar la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios en esta región se convierte en una prioridad. Esta evaluación permite identificar áreas específicas que requieren atención y mejora en las UPO, en busca de elevar la sostenibilidad en sus tres dimensiones fundamentales.

En los últimos años, la población ovina en la zona del Altiplano de Michoacán ha experimentado un notable crecimiento, consolidando al estado como un líder a nivel nacional en este sector. En este contexto, los objetivos de ese estudio fueron: a) llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la sostenibilidad de los sistemas de producción ovina en la región del Altiplano del estado de Michoacán, haciendo uso del método IDEA; b) generar conocimiento en las dimensiones tecnológicas, ecológicas y socioeconómicas, que proporcionen una comprensión más profunda de los factores que influyen en la producción ovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Michoacán es un estado ubicado en el oeste de México, se extiende a lo largo de 59,864 km², abarcando las coordenadas de 17°55' - 20°24' de latitud Norte y 100°03' - 103°44' de longitud Oeste. En la parte oriental del estado se encuentra la destacada zona de producción ovina del Altiplano Michoacano (ZPOAM), como se muestra en la Figura 1. Esta región experimenta un clima predominante de tipo C, caracterizado por ser templado y semifrío, con múltiples variantes climáticas (García, 2004). El 83,0% de esta zona presenta temperaturas anuales en el rango de 12 a 18 °C, mientras que la precipitación pluvial media anual alcanza los 850 mm, con lluvias concentradas en la temporada de verano, según datos del INEGI en 2010.

La ZPOAM abarca varios municipios, incluyendo Epitacio Huerta, Contepec, Ciudad Hidalgo, Zitácuaro, Maravatío, Ocampo, Senguio, Tlalpujahua, Zinapécuaro, Álvaro Obregón, Jungapeo, Morelia y Tuxpan. En total, esta área ocupa una superficie de 617 825 ha, de las cuales el 53,7% se destina a usos agropecuarios. De este espacio, el 39,8% se dedica a actividades agrícolas y el 13,9% se utiliza como pastizales, de acuerdo con Nuncio *et al.* (2014). La tenencia de la tierra en esta región se divide en un 46,6% de propiedad ejidal y el resto corresponde a pequeñas propiedades, según datos del INEGI en 2010.

Según las investigaciones de Nuncio *et al.* (2014), los sistemas de producción ovina en esta zona se complementan con la producción de cultivos y otras actividades agrícolas llevadas a cabo en las unidades de producción campesinas. Estas unidades poseen un promedio de superficie de 9,6 ha y mantienen un tamaño de rebaño promedio de 69 ovinos. En la mayoría de los casos, la gestión de estas unidades recae principalmente en miembros de la familia, incluyendo mujeres y niños. Además de la producción ovina, estas unidades participan en diversas actividades agropecuarias, como la cría de ganado bovino y especies menores como aves y cerdos, que desempeñan roles importantes en la economía local. La agricultura también desempeña un papel crucial, con más del 91,0% de las unidades de producción involucradas en esta actividad, destinando gran parte de su producción para el autoconsumo. Cabe destacar que el 59,3% de estas unidades comercializan los excedentes de productos agrícolas y ganaderos. En promedio, la producción ovina aporta un ingreso mensual de $3105 pesos por unidad, lo que confiere a estas unidades de producción un carácter social o de pequeña escala.

Figura 1. Área de estudio, la zona de producción ovina del Altiplano Michoacano.

Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se hizo uso de los datos proporcionados por el Censo Nacional Agrícola, Ganadero y Forestal de México (INEGI, 2010). Se consideraron los registros de inventarios de ovinos por municipio, así como el número de unidades de producción con ovinos. La selección se centró en los municipios que mantuvieron una población de más de 2400 ovinos durante las dos últimas décadas. Para calcular el tamaño de la muestra, se aplicó la metodología de proporción de poblaciones utilizando la siguiente fórmula (Gilbert, 1984):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N-1) + pqZ^2}$$

Donde: n = tamaño de la muestra; N = tamaño de la población; p = proporción de la población que puede ser seleccionada en la muestra (p = 0,5); q = proporción de la población que no puede ser seleccionada (q = 0,5); Z = Valor de la distribución normal en el nivel de confianza (1,48), E = Error de muestreo en el nivel de confianza ($p \leq 0{,}07$).

En las cuatro zonas ovino-cultoras de Michoacán, conocidas como Altiplano, Bajío, Valle de Apatzingán y Trópico Subhúmedo (Nuncio *et al.,* 2014), existe un total de 1202 unidades de producción dedicadas a la cría de ovinos. Aplicando la formula anterior, se obtuvo un tamaño muestral de 107,29 el cual fue redondeado al entero superior, para un tamaño de la muestra de 108 unidades de producción.

La selección se realizó de manera proporcional al número de unidades de producción en cada municipio, utilizando datos del INEGI (2010). Para identificar a los agricultores dispuestos a participar, se empleó un método de muestreo intencional, siguiendo la metodología propuesta por Vogt y Burke (2011).

La información necesaria se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas y cuestionarios diseñados para abordar los componentes e indicadores del método IDEA, utilizado para evaluar la sostenibilidad, según lo propuesto por Vilain *et al.* (2008).

Evaluación de la sostenibilidad

En esta investigación, se empleó la versión 3 del método IDEA, siguiendo el enfoque utilizado previamente por Fadul-Pacheco *et al.* (2013) y Salas-Reyes *et al.* (2015). Este método se basa en una estructura compuesta por 17 objetivos subyacentes a cada indicador, tal como lo describen Vilain *et al.* (2008). Estos objetivos son los siguientes: coherencia; autonomía; protección y manejo de la biodiversidad; protección del paisaje; protección del suelo; protección y gestión del agua; protección de la atmósfera; manejo de conservación de los recursos naturales no renovables; bienestar animal; calidad de los productos; ética; desarrollo humano; desarrollo local; calidad de vida; ciudadanía; adaptabilidad y empleo.

Los objetivos detallados sirven como fundamento para operacionalizar el concepto de sostenibilidad a través de tres escalas, descritas en el cuadro 1: la agroecológica, la socio-territorial y la económica. Cada una de estas escalas se divide en tres o cuatro componentes, con un total de diez componentes en total. Dentro de estos componentes, se integran los 42 indicadores que se utilizan para evaluar la sostenibilidad en las tres escalas. En particular, se emplean 18 indicadores para cada una de las escalas agroecológica y socio-territorial, y seis indicadores para la escala económica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de las escalas, componentes e indicadores del método de Indicadores de sostenibilidad de las explotaciones agrícolas

Escala	Componente		Indicadores
Agro-ecológica	Diversidad doméstica	4	Diversidad de cultivos anuales y temporales, diversidad de cultivos perennes, diversidad de especies de animales domésticos y valorización del patrimonio genético.
	Organización del espacio	7	Rotación de cultivos, tamaño de las parcelas, manejo de materia orgánica, zonas de protección ecológica, contribución a los objetivos ambientales del territorio, valorización del espacio y manejo de la superficie forrajera
	Prácticas agrícolas	7	Fertilización, manejo del estiércol, pesticidas, productos veterinarios, protección del suelo, manejo del agua y dependencia energética
Socio-Territorial	Calidad de productos del territorio	5	Proceso de calidad, valorización del patrimonio construido y del paisaje, manejo de desechos no orgánicos, acceso a la propiedad y la participación social
	Empleo y servicios	6	Cadenas de valor comercial cortas, autonomía y aprovechamiento de los recursos locales, servicios y multifuncionalidad, contribución al empleo, trabajo colectivo, estrategia de relevo generacional.
	Desarrollo ético y humano	7	Dependencia de importaciones, bienestar animal, formación, intensidad de trabajo, calidad de vida, aislamiento, hospitalidad, higiene y seguridad
Económico	Viabilidad	2	Viabilidad económica y tasa de especialización económica
	Independencia	2	Autonomía financiera, la sensibilidad a los subsidios del gobierno
	Transmisibilidad	1	Transmisión de capital
	Eficiencia	1	Eficiencia en los procesos productivos

El método utilizado otorga un peso equitativo a los indicadores, siguiendo una aproximación similar a la empleada por Van Passel *et al.* (2007) y Van Cauwenbergh *et al.* (2007). Cada indicador posee una puntuación máxima y, en consecuencia, cada una de las tres escalas puede alcanzar un máximo de 100 puntos. La evaluación de la sostenibilidad se basa en la puntuación de la escala que obtenga el valor más bajo entre las tres escalas evaluadas, como se establece en la metodología de Vilain *et al.* (2008). Este enfoque sigue la regla del factor limitante, similar a la dinámica de un ecosistema, como se ilustra en el trabajo de M'Hamdi *et al.* (2009).

El método IDEA dispone de una ficha técnica para cada indicador, que proporciona la información requerida para la evaluación. Cada indicador tiene asignado un rango de puntuación máxima y mínima, lo que permite traducir toda la información en unidades de sostenibilidad (US) que determinan la puntuación asignada a cada indicador. Del mismo modo, cada componente dentro de las escalas tiene un valor máximo, que varía de 25 a 34 puntos.

Para adaptar el método IDEA a las condiciones específicas de las UPO objeto de estudio, se realizaron ciertas modificaciones. Los indicadores económicos se expresaron en pesos mexicanos, incluyendo la viabilidad económica y la transmisión de capital. Estos valores se calcularon tomando en cuenta el salario mínimo vigente en la zona de estudio en 2011, que fue de $59,82 pesos mexicanos (CONASAMI, 2011), y un tipo de cambio de $12,41 pesos mexicanos por dólar estadounidense (BANXICO, 2011). La viabilidad económica se estimó sumando todos los ingresos de la UPO por ventas y subsidios recibidos, y restando la suma de los pagos anuales por créditos, amortización de maquinaria, equipos e instalaciones. El resultado se dividió entre la mano de obra no asalariada (familiar o socios) que trabajaba en la UPO, ya que se considera que dedican tiempo completo a estas labores. El resultado económico promedio para cada activo de la UPO representa el indicador de viabilidad económica.

El indicador de especialización económica mide el porcentaje del volumen de ventas de las actividades de la UPO. Cuanto más especializada sea la UPO y menos clientes tenga, menor será la puntuación obtenida en este indicador.

Se evaluó un total de 40 de los 42 indicadores propuestos en el método IDEA, excluyendo únicamente: 1) Contribución a los desafíos ambientales del territorio y 2) Manejo de desechos no orgánicos, debido a que las normativas agroambientales no se aplicaban en la zona de estudio.

Es importante destacar que en la zona donde se llevó a cabo esta investigación, las UPO no disponían de registros formales sobre la información económica, de producción y reproductiva de los ovinos. Por lo tanto, la información se obtuvo de manera empírica, a través de entrevistas, observaciones y cálculos económicos realizados en colaboración con los productores y los miembros de sus familias.

Análisis estadístico

Los 40 indicadores correspondientes a cada UPO se consolidaron en una base de datos, y se calculó los puntajes siguiendo la guía de utilización del método IDEA (Vilain *et al.,* 2008) para todos los indicadores, componentes y escalas, empleando técnicas de estadística descriptiva.

Con el propósito de agrupar las UPO que compartieran características similares, se llevó a cabo un análisis multivariado de conglomerados utilizando el método jerárquico de Ward. Este método se destaca por ser uno de los más ampliamente utilizados en la práctica y ofrece numerosas ventajas, ya que conserva la mayoría de las cualidades del método de la media y suele ser altamente discriminativo en la identificación de niveles de agrupación. Además, maximiza la homogeneidad entre los grupos mediante el cálculo de distancias euclidianas (Hair *et al.,* 2010). Para realizar este análisis, se utilizó el paquete estadístico JMP, versión 10.0 (2012).

Con el fin de identificar posibles diferencias en las medias, se aplicó la prueba de la "t de Student" con un nivel de significancia de α=0,05. Esta prueba permitió evaluar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de UPO en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de las tres escalas de la sostenibilidad

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las tres escalas de sostenibilidad evaluadas (Cuadro 2), y se observó que los valores promedio de las UPO se situaron por debajo del 50% del valor máximo posible en US. La escala agroecológica se destacó como la principal limitante en las 108 UPO evaluadas. De acuerdo con Zahm *et al*. (2008), el valor de sostenibilidad de una UPO se determina tomando, el valor más bajo de las tres escalas evaluadas.

Los resultados de este estudio contrastan con los hallazgos previos de Fadul-Pacheco *et al*. (2013), quienes obtuvieron valores más altos en la escala agroecológica para las Unidades de Producción Lecheras en las tierras altas de México, con un puntaje de 59,0% US. En su caso, la escala económica fue la que presentó la menor sostenibilidad, con 43,0% US.

Por otro lado, Salas-Reyes *et al*. (2015) lograron valores cercanos al óptimo en la escala agroecológica (87,0% US) en unidades de producción lecheras en el área subtropical del centro de México, lo que representa una diferencia significativa en comparación con los resultados de este estudio. Además, obtuvieron puntajes de 73,0% US y 60,0% US en las escalas socio-territorial y económica, respectivamente.

En estudios realizados en Argelia por Ghozlane *et al*. (2006) con unidades de producción de bovinos de leche y en estepas de Argelia por Ghozlane *et al*. (2008) con unidades de producción ovinas, se observaron resultados que indicaban una mayor sostenibilidad en la escala

agroecológica en comparación con los hallazgos de este estudio. Sin embargo, las escalas socio-territorial mostraron valores similares a los reportados aquí.
Marie (2011) reportó resultados en Líbano con sistemas de producción de pequeños rumiantes, donde se obtuvieron puntajes promedio de 41,0% US en la escala agroecológica, 55,0% US en la escala socio-territorial y 55,0% US en la escala económica. Estos valores se encuentran en rangos cercanos a los obtenidos en este estudio.

Mientras tanto, M´Hamdi *et al*. (2009) evaluaron las tres escalas de sostenibilidad en unidades de producción lechera en Túnez, obteniendo valores más altos en todas las escalas en comparación con los resultados de este estudio.

A la luz de los valores encontrados en las tres escalas de sostenibilidad, se puede inferir que las 108 UPO estudiadas representan sistemas de producción frágiles. Esto se debe a que ninguno de los puntajes en las tres escalas de sostenibilidad superó el puntaje medio (50,0% US). Si estas condiciones persisten, es poco probable que estos sistemas puedan perdurar a lo largo de las generaciones futuras.

Cuadro 2. Medias, mínimo, máximo puntaje logrado por las 108 unidades de producción ovinas.

Escala	Puntaje		
	Media	**Min**	**Max**
Agroecológica	42,3a	23,0	86,2
Socio territorial	47,7[b]	26,8	85,0
Económica	50,0[c]	0	100,0

Medias con literales diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$)

Evaluación de la sostenibilidad de los componentes por escala

Los valores de los diez componentes de sostenibilidad (Figura 2) brindaron la oportunidad de evaluar las fortalezas y debilidades presentes en las 108 UPO. El promedio de puntajes de estos componentes se expresó como un porcentaje de los valores máximos posibles. La interpretación se realizó siguiendo la secuencia de las manecillas del reloj, donde los tres primeros componentes corresponden a la escala agroecológica, los tres siguientes a la escala socio-territorial, y los cuatro últimos a la escala económica.

Escala agroecológica

Con relación al componente de Diversidad en la escala agroecológica, se observó un valor intermedio entre los tres componentes de esta escala. Esto se debe a que los indicadores de diversidad de cultivos anuales, temporales y perennes mostraron una escasa variedad. Sin embargo, este componente se benefició de la alta diversidad de especies animales criadas en las UPO.

Por otro lado, el componente de Organización del Espacio presentó el valor más bajo en esta escala, lo que limitó significativamente la sostenibilidad. Esto se debe a la falta de rotación o intercalado de cultivos, lo que ha llevado a la práctica del monocultivo, con sus consecuencias negativas, como la pérdida de biodiversidad y el fomento del desarrollo de plagas.

Además, el manejo de la superficie forrajera también se vio afectado en este componente debido a la falta de áreas para la alternancia corte-pastoreo y la ausencia de praderas permanentes para el pastoreo de los animales. Esto tiene repercusiones en la conservación de la humedad, la calidad del agua y el paisaje, así como en la protección del suelo contra la erosión y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono.

Resultados similares fueron publicados en otro estudio, donde el componente de Organización del Espacio se identificó como una limitante en sistemas ganaderos (Marie, 2011). Esto sugiere que la problemática en esta escala, especialmente en relación con la organización del espacio, es una preocupación común independientemente del sistema agrícola y del país.

En contraste, algunos estudios han mostrado valores más favorables en esta escala, como el caso de fincas con bovinos de doble propósito en el subtrópico del centro de México, donde el 99% de las fincas se dedican al pastoreo, lo que permitió alcanzar los valores máximos del componente y, por lo tanto, de la escala agroecológica.

En cuanto al componente de Prácticas Agrícolas, fue el de mayor valor en la escala agroecológica y superó el 50% del valor máximo. Esto se debe a los indicadores relacionados con el uso de pesticidas y la dependencia energética, donde las UPO utilizan estos insumos de manera limitada debido a la pequeña superficie agrícola y el bajo consumo de combustible. Estos indicadores sugieren una mayor autonomía del sistema y un mayor aprovechamiento de los recursos locales.

Escala socio-territorial

En cuanto a los componentes de Calidad de los Productos y Participación Social, se observaron valores por debajo del 40% del valor máximo. Esto se debe a la falta de procesos de calidad regulada en los productos ovinos, tanto en animales en pie como en el procesamiento de la carne. Además, la participación social de los productores y el trabajo colectivo fue muy bajo debido a la falta de colaboración activa entre ellos y la ausencia de participación en organizaciones de productores.

Al respecto, investigaciones anteriores (Nuncio *et al.,* 2001) indican que es crucial que los ovinocultores se afilien a asociaciones, ya que esto les brinda acceso a diversos apoyos, como capacitación, asistencia técnica y financiamiento. Además, les permite generar información para el control y mejoramiento de sus rebaños, planificación del trabajo y comercialización.

En contraste, el componente de Ética y Desarrollo Humano obtuvo un puntaje por encima del 60%. Esto se debe al indicador de contribución al equilibrio alimentario mundial, ya que las UPO en esta zona tienen una baja utilización de productos importados. El 91% de las UPO se dedican a la producción agrícola para autoabastecimiento, y el 37,6% de los productores venden sus excedentes agrícolas localmente. Además, los indicadores de intensidad de trabajo y calidad de vida favorecieron el puntaje del componente, ya que los productores manifestaron no experimentar una sobrecarga de trabajo y reportaron un nivel aceptable de satisfacción personal en relación con su labor.

Estos resultados reflejan la importancia de promover la calidad de los productos ovinos y fomentar la participación social entre los productores para mejorar la sostenibilidad de las UPO en la zona del Altiplano Michoacano. Además, resaltan la necesidad de fortalecer la colaboración y el apoyo a través de asociaciones y organizaciones de productores para aprovechar al máximo los recursos disponibles y promover prácticas más sostenibles en la producción ovina.

Escala económica

En la escala económica, el componente de Viabilidad Económica mostró el menor valor entre los diez componentes que conforman las tres escalas (Figura 2). Esto se debe, en gran medida, a la falta de diversificación en el sistema, ya que predominan los monocultivos, lo que lo vuelve vulnerable a los cambios coyunturales.

Los indicadores de Transmisibilidad y Eficiencia de los Procesos Productivos también obtuvieron valores por debajo del 60%. Esto sugiere que el sistema no es atractivo desde una perspectiva económica para la sucesión generacional o la venta, y que su capacidad para cumplir los objetivos planificados es deficiente.

El componente de Independencia, que evalúa la autonomía financiera y la sensibilidad a las ayudas en el sistema ovino, obtuvo puntajes por encima del 80%. Esto se debe principalmente a la relación del sistema con su entorno biológico y socioeconómico, lo que demuestra una alta autonomía debido al escaso uso de insumos agrícolas, préstamos contratados y apoyos públicos. Esto indica que el sistema no depende en gran medida de subsidios y fluctuaciones en estos para su sostenibilidad, a diferencia de otros sistemas que son altamente dependientes de ayudas directas.

En general, en la escala económica, los valores observados en este estudio son similares a los reportados en investigaciones anteriores, lo que sugiere que la viabilidad económica y la eficiencia son áreas de mejora comunes en sistemas de producción similares. Estos resultados resaltan la importancia de diversificar el sistema y mejorar la eficiencia de los procesos productivos para aumentar la sostenibilidad económica de las unidades de producción ovinas en la zona del Altiplano Michoacano.

Figura 2. Valores promedio de los componentes de las tres escalas de la sostenibilidad en las 108 UPO.

Análisis de conglomerados

En el análisis de conglomerados con agrupamiento jerárquico, se identificaron cuatro grupos distintos (Figura 3). Cada conglomerado se caracteriza por su propio conjunto de características y desafíos. Sin embargo, en todos los grupos, la organización del espacio sigue siendo un aspecto limitante en la escala agroecológica.

En particular, se observó que la mayoría de los grupos presentan monocultivos o rotaciones simples de cultivos. Además, en el caso del conglomerado dos, las unidades de producción ovinas tienen una superficie disponible muy reducida, que es menor a dos hectáreas. Esto limita la capacidad de diversificación de cultivos y la disponibilidad de tierras para el pastoreo.

El indicador de valorización del espacio, que evalúa la carga animal y la capacidad de abastecer alimentos para los animales, mostró que la mayoría de las unidades de producción no lograron satisfacer completamente las necesidades de alimento de su ganado. Esto se debió en parte a la escasa producción de forrajes y cereales requeridos para alimentar a los animales, lo que obligó a algunas unidades a realizar compras locales de estos insumos.

Los monocultivos, como se observó en varios grupos, plantean riesgos tanto económicos como ecológicos, además de aumentar los problemas parasitarios para los

rumiantes, como los ovinos. Los parásitos gastrointestinales son una amenaza significativa para la salud en los sistemas de pastoreo, lo que subraya la importancia de promover sistemas de producción más diversificados y sostenibles.
En este sentido, se sugiere considerar alternativas como los sistemas agrosilvopastoriles que incorporan árboles leguminosos forrajeros y cultivos forrajeros de corte y pastoreo. Estos enfoques pueden favorecer una menor carga animal, una mayor diversidad de cultivos y una mejor gestión de los recursos naturales, al tiempo que contribuyen al bienestar de los productores.

En la escala socio-territorial (Figura 3), tres grupos mostraron un comportamiento similar al promedio de las 108 UPO. Sin embargo, se destaca el grupo dos debido a los valores que presentaron en los tres componentes de esta escala (Calidad de los productos del territorio, Empleo y servicios, Ética y desarrollo humano), que en conjunto superan el 55%. En este grupo, se observó indicadores destacados como la calidad arquitectónica de las construcciones, que se integran armoniosamente con el paisaje, y la facilidad de acceso a las unidades de producción a través de caminos en buen estado.

La participación social en este grupo se llevó a cabo con responsabilidad y apertura por parte de las unidades de producción ovinas. Estas unidades ofrecieron sus productos directamente a los consumidores, incluso transformándolos en platillos tradicionales como la *"Barbacoa"*. Esto les permitió establecer redes de comercialización de corta distancia con ventas directas al consumidor. Estos aspectos forman parte del componente de Empleo y servicios, donde los valores no superaron el 40% de sostenibilidad.

Según Vilain *et al.* (2008), aprovechar adecuadamente tanto el patrimonio construido como las cadenas cortas de comercialización podría reactivar la economía local, generar empleo, fomentar el trabajo colectivo y promover la interacción entre los productores ovinos y los consumidores locales. Estas acciones podrían tener un impacto positivo en la escala social y territorial, contribuyendo a la recuperación económica y mejorando la calidad de vida de los productores.

En la escala económica, las restricciones generales se relacionaron con la viabilidad económica y la eficiencia, a excepción del conglomerado 3, que superó el 80% en el componente de viabilidad económica. Este componente consideró indicadores como la viabilidad económica y la tasa de especialización. En ambos casos, la mayoría de los grupos se mantuvo por debajo del 20%. La especialización económica mide el porcentaje del volumen de ventas de las actividades de la unidad de producción. Cuanto más especializada y con menos clientes sea una unidad de producción, menor será su puntuación en este indicador, como se observó en este estudio. Esto sugiere que la mayoría de los grupos de UPO son vulnerables a choques externos al sistema.

De acuerdo con Cortéz-Arriola *et al.* (2015), la sostenibilidad económica es una condición fundamental en el desarrollo de las unidades de producción agropecuarias. Estas unidades se fortalecen al diversificar tanto sus producciones como sus clientes, lo que las hace menos vulnerables y capaces de resistir cambios externos al sistema, como se sugiere en el enfoque de Vilain *et al.* (2008).

Figura 3. Valores promedio de los indicadores de sostenibilidad de los cuatro grupos.

Características de los conglomerados

A partir de los conglomerados obtenidos, se realizó análisis de los valores promedio de las tres escalas de sostenibilidad evaluadas y se identificaron las características destacadas de cada uno de los cuatro conglomerados, lo que permitió definir los diferentes grupos de UPO (Figura 3). En tres de los cuatro conglomerados, la escala agroecológica se identificó como la principal limitante. Sin embargo, en el conglomerado IV, denominado *"Agricultura de subsistencia"*, la escala económica fue la que obtuvo el puntaje más bajo, mientras que la escala agroecológica se vio favorecida debido a la diversidad de especies agropecuarias que contribuyen al autoabastecimiento familiar.

En los cuatro conglomerados se observaron puntajes bajos en la escala agroecológica. Sin embargo, en el conglomerado II, denominado *"Intensivos-Atomizados"*, las escalas socio-territorial y económica obtuvieron las puntuaciones más altas en US debido a sus tres componentes principales: calidad de los productos, empleo y servicios, ética y desarrollo humano, así como en independencia y transmisibilidad. Estos resultados son consistentes con un estudio realizado en el Líbano bajo cinco sistemas de producción de pequeños rumiantes, donde se obtuvieron valores promedio de 41,0% US en la escala agroecológica, 55,0% US en la escala socio-territorial y 55,0% US en la escala económica (Marie, 2011).

CONCLUSIONES

El método IDEA fue empleado para evaluar la sostenibilidad de las UPO en la zona del Altiplano de Michoacán, y a través de este proceso, se logró clasificarlas en cuatro conglomerados distintos.

En términos de sostenibilidad, se observa que las UPO en la región del Altiplano de Michoacán aún no han alcanzado un nivel aceptable de sostenibilidad, principalmente debido a las limitaciones en cuanto a la superficie de tierra disponible, lo que plantea desafíos para su continuidad en las generaciones futuras.

No obstante, estas UPO han logrado generar recursos económicos y contribuir al autoabastecimiento familiar. Esto se debe en gran parte a la diversidad de especies agropecuarias que gestionan, lo que les ha permitido mantenerse a lo largo del tiempo.

Se ha identificado áreas específicas que restringen la sostenibilidad de las UPO en la región, lo que proporciona un mejor entendimiento de su funcionamiento y destaca la necesidad de intervenciones por parte de los actores sociales para avanzar hacia sistemas de producción ovina que sean sostenibles desde una perspectiva ambiental, económica y ética.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a los productores de ovinos de Michoacán por su confianza, la información que proporcionaron y su tiempo. Nuestro agradecimiento también a la asociación civil Fundación Produce Michoacán AC. por el financiamiento de este trabajo a través del proyecto "Caracterización de los sistemas de producción ovina en las zonas borregueras de Michoacán". El apoyo de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) fue invaluable, por la concesión que permitió al autor principal llevar a cabo sus estudios de doctorado.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses que puedan influir de manera inapropiada en el trabajo de las personas o instituciones.

DECLARACION DE NORMAS ETICAS Y DERECHOS DE LOS ANIMALES

En el documento se informa de una investigación rural participativa en la evaluación de la sostenibilidad de la producción ovina, con 108 productores participantes que tenían conocimiento de los objetivos del trabajo y fueron debidamente informados en todo momento, y su privacidad es respetada al no revelar sus nombres.

El trabajo no implica ninguna experimentación y se llevó a cabo a través de entrevistas abiertas y la recopilación de datos relevantes para el método aplicado. La investigación siguió los procedimientos aceptados por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Autónoma del Estado de México.

LITERATURA CITADA

Acevedo-Rivera, B., Alonso-Pesado, A., Espinosa-Ortiz, V.E., Gil-González, G.I., Jiménez-Jiménez, R.A. 2011. Características socioeconómicas de productores ovinos integrados en el programa GGAVATT en la comunidad "Estancia de Paquisihuato" del Municipio de Maravatío Michoacán, México, in: Cavallotti-Vázquez, B.A., Ramírez-Valverde, B., Martínez-Castañeda, F.E., Marcof-Álvarez C.F., Cesín-Vargas, A. (Eds.), La Ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes. Universidad Autónoma de Chapingo., Chapingo México, Vol. 2, pp.123-135.

Alemán-Santillan, T., Nahed-Toral, J., López-Méndez, J. 2007. Evaluación de la sostenibilidad de dos sistemas de producción ovina en comunidades Totziles, in: Astier M., Hollands, J., (Eds). Sostenibilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica., Mundi Prensa., México, pp. 11-55.

Arriaga-Jordán, C.M., Pedraza-Fuentes, A.M., Nava-Bernal, E.G., Chávez-Mejía, M.C., Castelán -Ortega, O.A. 2005. Livestock agrodiversity of *mazahua* small-holder *campesino* systems in the highlands of central Mexico. Human Ecology. 33:821–845.

Astier, M., Speelma E.N., López-Ridaura, S., Masera, O. R., González-Esquivel, C.E. 2011. Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analising 15 case studies from Latin America. International Journal of Agricultural Sustainability. 9:409-422.

BANXICO (Banco Nacional de México). 2011. http://www.banxico.org.mx/tipcamb/tipCamIHAction.do. Consultado el 31 de agosto del 2011.

Berkovics, D. 2010. Fiche de lecture. Cannibals with forks: the Triple bottom line of 21st century business. Majeure Alternative Management- HEC, Paris, pp. 1-16.

CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos). 2011.www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2011/01 01_2011.pdf. Consultado 6 agosto 2014.

Cortéz-Arriola, J., Rossing, W.A.H., Améndola-Massiotti, R.D., Scholberg, J.M.S., Groot, J.CJ., Tittonell, P. 2015. Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. Agricultural Systems.135, 66–76.

Cuéllar-Ordaz, J.A., García- López, E., De La Cruz, C.H.A., Aguilar- Niño, M. 2011. Manual práctico para la cría de ovinos. Ediciones Pecuarias de México S.A. de C.V. México.

Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C. M. 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. Agroecology and Sustainable Food Systems. 37:882-901.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Ed. Enriqueta García. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México.

Ghozlane, F., Haçene, Y., Mustapha, A., Bouzida, S. 2006. Evaluation de la Durabilite des Exploitations Bovines Laitieres de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Algerie). New Medit. 4:48-52.

Ghozlane, F., Ziki, B., Abbadie, B., Yakhlef, H. 2008. Évaluation de la durabilité des exploitations ovines steppiques de la wilaya de Djelfa. Livestock Research for Rural Development, 20, http://www.lrrd.org/lrrd20/10/ghoz20170.htm. Accessed 2 May 2014.

Hair, J.F., Black, W.C., Tatham, R.L.,Anderson, R.E. 2010. Multivariate Data Analysis. 7th Edition. Prentice Hall International, London.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2010. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. www.inegi.org.mx. Accessd 2 May 2014.

JMP. 2012. Statistical Discovery Software. Version 10.0, SAS Institute.

Marie, M., Srour, G., Ziki B., Abi, Saab S,. Yakhlef, H., Ghozlane, F. 2009. Multi-criteria evaluation of small ruminant farming systems sustainability in Lebanon and Algeria. in: Pacheco, F., Morand-Fehr, P. (Eds.), Changes in sheep and goat farming systems at the beginning of the 21 st century: research, toofs, methods and initiatives in favour of a sustainable development. (Optioons Mediterranéennes: Serie A. Seminaires Méditerranéens; n. 91). CIHEAM /DRAP-NANTE / FAO. P., Zaragoza, pp.13-20.

Marie, M. 2011. Evaluation of small ruminant systems sustainability. From conceptual frameworks to implementation, In: Bernués A., Boutonnet J.P. (Eds.), Pacheco F. (ed). Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems. CIHEAM/FO/ CITA-DGA Options Mediterranéennes: Série S. Séminaires Méditerranéens., Zaragoza, pp. 61-74.

M'Hamdi, N., Aloulou, R., Hedhly, M., Ben Hamouda, M. 2009. Évaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. Biotechnology, Agronomy, Socoety and Environment. 13:221-228.

Nuncio-Ochoa, M.G.J., Nahed-Toral, J., Herrera-Camacho, J., Salinas-Melgoza V., Arriaga-Jordán, C.M., Sánchez-Vera, E. 2014. Caracterización de las zonas borregueras de Michoacán y sus implicaciones para el desarrollo rural, in: Arriaga-Jordán, C.M., Anaya-Ortega, J.P (Eds), Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. Universidad Autónoma del Estado de México. Editorial Reverté, Barcelona, España, pp.167-179.

Nuncio-Ochoa, M.G.J., Nahed-Toral, J., Díaz-Hernández, B. M., Escobedo-Amezcua, F., Salvatierra-Izaba, B. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. Agrociencia. 35:469-477.

Ranieri, C., Prosdocimi, B.C., Nunes., Gameiro, H. A. 2015. Technological characterization of sheep production systems in Brazil. Animal Science Journal doi: 10.1111/asj.1231

Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico, Tropical Animal Health and Production. 47:1187–1194. DOI 10.1007/s11250-015-0846-z

Gilbert, N. 1984. Statistics. Ed. W.B. Sauders Company. 163-169 pp.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentario y Pesquero). 2015. Población Ganadera. Ovino. 2004–2013. http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/Ovinos.pdf. Consultado 12 May 2023.

Toma, C., Gavrilescu, C., Turtoi. 2008. The IDEA Method for the evaluation of the agroecological sustainability of agricultural holdings. Lucrâri Stllntifice, Serial I Vol. XI (1).

Van Passel, S., Nevens, F., Mathijb, E., Van Huylenbroeck, G. 2007. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. Ecological Economics. 62:149 -161

Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Bielders, C., Brouckaert, V.,Franchois, L., García-Cidad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van des Veken, B., Wauters, E., Peeters, A. 2007. SAFE-a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 120:229–242

Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Guillaumin, A., Mouchet, C., Viaux, P., Zahm, F. 2008, La méthode IDEA. Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles – Guide d'utilisation, 3rd ed., Educagri éditioons, Dijon., Parias.

Vogt, W. P., Burke J. R. 2011. Dictionary of Statistics and Methodology: A Non-Technical Guide for the Social Sciences. 4th ed., Sage publications, Los Angeles, USA.

Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C. 2008. Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method - from the Concept of Agriculture Sustainability: Case Studies on Farms. Sustaibable Development. 16:271-281.

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

RESIDUOS REVALORIZABLES: UNA OPORTUNIDAD DE DESARROLLO MANABITA

REVALUABLE WASTE: A MANABITA DEVELOPMENT OPPORTUNITY

María Antonieta Riera[1], Mabel Laz-Mero[1], Miguel Alejandro Tuárez-Párraga[2]

[1]Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología, Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí – Ecuador.
[2]La Fabril S.A. Ubicación: Montecristi, Km 5 ½ vía Manta, Manabí – Ecuador.

Email: maria.riera@utm.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo de revisión

Recibido: 23/01/2024

Aceptado: 06/05/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):12-20

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.466

Resumen

La producción agrícola es una de las actividades con gran importancia económica en los países de Suramérica. Manabí, provincia de Ecuador, destaca como productor agrícola, contribuyendo significativamente a la economía nacional. Sin embargo, la agricultura también genera gran cantidad de residuos, lo que plantea desafíos ambientales y de sostenibilidad. Dentro de este contexto, el presente estudio busca alternativas para revalorizar estos residuos agrícolas en lugar de desecharlos, mediante una metodología que incluye análisis de datos históricos de producción, estimación de la cantidad de residuos generados y revisión bibliográfica para identificar posibles usos. Los resultados revelan un aumento constante en la producción de maíz *(Zea mays)* en la última década y estabilidad en otros cultivos. Se destacan el rastrojo de maíz y el follaje de palma aceitera *(Elaeis guineensis)* como principales residuos para los rubros cultivables analizados. La revisión bibliográfica sugiere diversas aplicaciones para estos residuos, como alimentación animal, bioenergía y productos químicos biobasados. Se resalta la importancia de adoptar métodos sostenibles para la transformación de estos residuos, a través de distintos procesos que permitan impulsar el desarrollo sostenible en Manabí y contribuir a una economía circular.

Palabras clave: Biomasa, economía circular, residuos agrícolas, sostenibilidad.

Abstract

Agricultural production is one of the activities with great economic importance in the countries of South America. Manabí, province of Ecuador, stands out as an agricultural producer, contributing significantly to the national economy. However, agriculture also generates a large amount of waste, which poses environmental and sustainability challenges. Within this context, the present study seeks alternatives to revalue this agricultural waste instead of disposing of it, through a methodology that includes analysis of historical production data, estimation of the amount of waste generated and literature review to identify possible uses. The results reveal a constant increase in corn *(Zea mays*) production in the last decade and stability in other crops. Corn stubble and oil palm foliage *(Elaeis guineensis*) stand out as the main waste for the arable crops analyzed. The literature review suggests various applications for these wastes, such as animal feed, bioenergy, and biobased chemicals. The importance of adopting sustainable methods for the transformation of this waste is highlighted, through different processes that allow promoting sustainable development in Manabí and contributing to a circular economy.

Keywords: Biomass, circular economy, agricultural waste, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola de Ecuador desempeña un papel significativo para su economía, representando el 7,7% del Producto Interno Bruto (PIB), según datos del BCE (2021). Esto se traduce a una producción agrícola de 22,6 millones de toneladas (Mt) por año, de las cuales 1,2 Mt corresponden a cultivos de la provincia de Manabí, donde más del 90% incluye los rubros: maíz duro seco *(Zea mays)*, plátano *(Musa paradisiaca)*, palma aceitera *(Elaeis*

guineensis), arroz *(Oryza sativa)* y cacao *(Theobroma cacao)*, con un enfoque hacia la agroindustria para la producción de alimentos (INEC y MAG, 2022).

Manabí también juega un papel relevante en la exportación de productos generando ingresos cruciales para la economía del Ecuador. Es la tercera provincia del país que más exporta, con una participación del 17,4 % después de Pichincha y Guayas con 17,7 % y 32,6 % respectivamente (MIPRO, 2022). Entre los productos exportados, se destacan el cacao *(Theobroma cacao)*, el banano y el camarón, representando en la actualidad una de las principales fuentes de ingresos para el país, los cuales se convierten en bienes de intercambio global en los mercados internacionales (Taco-Lambert & Pizarro-Romero, 2023).

El cacao manabita, por ejemplo, encuentra su camino hacia los mercados de Europa, América del Norte y Asia, donde es utilizado en la producción de chocolate y otros productos de confitería (Cedeño-Coll & Dilas-Jiménez, 2022). El banano es altamente demandado en Norteamérica y Europa, donde se aprecia su calidad y sabor (PROECUADOR, 2023). Por su parte, el camarón ecuatoriano, y en particular el producido en Manabí, se exporta principalmente a Estados Unidos, Europa y Asia, siendo apreciado por su frescura y sabor exquisito (CAMAE, 2021). Estos mercados internacionales no solo son vitales para la economía de la provincia, sino que también contribuyen de manera significativa a la balanza comercial de Ecuador, posicionando al país como un importante exportador de productos agrícolas y marinos a nivel global (Acosta-Ascuntar, 2023).

No obstante, estas actividades agrícolas también generan grandes volúmenes de residuos que se desechan sin control, ocasionando consecuencias negativas para el ecosistema, incluyendo la proliferación de plagas, entre otros problemas ambientales (Castro *et al*., 2020). La disposición final de estos residuos a menudo implica su traslado a vertederos o incineradoras, prácticas que pueden tener un impacto negativo tanto para el ambiente como a la comunidad local. La necesidad de encontrar alternativas sostenibles se vuelve cada vez más apremiante (Jurado-Erazo *et al*., 2023).

Una de las claves para aprovechar estos residuos, es la revalorización, la cual consiste en aprovechar aquellos subproductos, que, en lugar de ser considerados simplemente basura, pueden ser recuperados y procesados para crear nuevos productos o recursos energéticos (Salazar-Acuña, 2020), mediante una amplia gama de procesos químicos y biotecnológicos (Aguiar *et al*., 2022). Esto se debe a que contienen gran cantidad de compuestos de interés comercial (Espinosa-Negrín *et al*., 2022), como la lignina, celulosa, hemicelulosa, (Rojas-González *et al*., 2019), lípidos, proteínas, entre otros.

Durante los últimos años se han registrado algunos trabajos de valorización de residuos agroindustriales y agrícolas, utilizados en la generación de energías y fabricación de biocombustibles (Martínez-Balderramo *et al*., 2022), producción de bioplásticos (Calero-Zurita *et al*., 2021; Macías Bazurto & Zambrano Valencia, 2023), obtención de glicerol (Monteiro *et al*., 2018), compostaje (Cázares *et al*., 2016), y la creación de estructuras celulósicas (Zuluaga *et al*., 2019), con lo cual se evidencia la tendencia de utilizar residuos mediante simbiosis agroindustrial (Rodríguez, 2023).

El propósito de este estudio es evaluar el potencial que tiene la provincia de Manabí en el aprovechamiento de residuos agrícolas, identificando oportunidades de revalorización, contribuyendo así al desarrollo sostenible en la región, al convertir estos residuos en recursos valiosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en tres etapas, tal como se muestra (Figura 1).

Figura 1. Etapas de la investigación.

Revisión de datos históricos

La revisión de datos se realizó consultando las cifras agroproductivas reportadas en el Sistema de Información Pública del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (INEC y MAG, 2022), con el fin de identificar los rubros cultivables con mayor producción en el país, durante los últimos 10 años.

Estimación de residuos

Para la estimación de residuos, se utilizó el módulo de recursos naturales del método de evaluación rápida (RA) de bioenergía y seguridad alimentaria "The Bioenergy and Food Security" (BEFS) de la FAO (2014). RA consiste en un conjunto de metodologías desarrolladas para conocer el potencial que tienen los países para obtener bioenergía sostenible, a partir de distintas biomasas, cubriendo toda la cadena de suministro de biocombustible desde la producción de la materia prima hasta la planta de procesamiento (FAO, 2014a). Pese a que está destinado sólo a la generación de bioenergía, podría ser aplicable a la producción de distintos tipos de bioproductos.

Este método (RA) utiliza una herramienta alojada en un archivo Excel compuesto por cinco hojas de cálculo que contienen una introducción al módulo de recursos naturales con un diagrama de flujo de los distintos análisis

que se realizan bajo este módulo, la hoja de residuos agrícolas y ganaderos, donde se evalúa la cantidad de residuos de cultivos potencialmente disponibles y por último, la hoja resultados de los residuos agropecuarios en la que se reporta la cantidad de residuos agrícolas disponibles. La estimación de residuos se lleva a cabo en la hoja de residuos agrícolas y ganaderos. Aquí se selecciona el cultivo, se define el tipo de residuo, la producción anual y el rendimiento del rubro cultivable, el número de cosechas por año y se utiliza una relación de residuos a cultivos (RGR), que depende del tipo de cultivo y está dada por la cantidad de residuos generados en base a la cantidad del producto principal del cultivo (FAO, 2019). Las ecuaciones (1) al (4) señaladas por Riera y Palma (2022), expresan el método descrito:

Residuos generados (RG) = Producción * RGR (1)
Residuos dejados en el campo (RD) = PR * % RD (2)
Otros usos (OU) = PR * % OU (3)
Residuos disponibles = RG - (RD+OU) (4)

Donde % RD representa el porcentaje de residuos dejados en el campo para sostenibilidad del suelo, aunque el método recomienda un 25% puede ser definido por el usuario. % OU hace referencia a la cantidad del residuo que se destina a otros usos. Este es un valor que define el usuario y en este trabajo se estableció en 20%, por considerar que esta cantidad de los residuos se destina a alimentación animal. El método también tiene en cuenta un porcentaje por residuos quemados en el campo, que puede ser establecido por el usuario.

La herramienta en la que se apoya el método BEFS-RA posee información de 245 países, referente a la producción anual en toneladas (t) y rendimiento de cultivos en toneladas por hectárea (t/ha), de acuerdo con lo reportado por los organismos oficiales de cada uno de estos países. Sin embargo, en esta investigación se utilizaron los datos de producción anual (t) y rendimiento (t/ha) de la provincia Manabí ubicada en Ecuador, registrados en el Sistema de Información Pública del Ministerio de Agricultura y Ganadería de este país entre los años 2013 a 2022 (INEC y MAG, 2022).

Revisión bibliográfica

Se revisó fuentes primarias y secundarias, publicados en los últimos 10 años en bases de datos regionales y de alto impacto (Scopus, Web of Science), tanto en inglés como español, con el fin de conocer la composición de los residuos, su potencial calorífico, los productos que se pueden obtener a partir de los residuos estimados en la etapa anterior, así como también los posibles esquemas de procesamiento para la transformación de dichos residuos a bioproductos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Revisión de datos históricos

Manabí es una de las provincias costeras del Ecuador, donde se encuentran gran cantidad de comunidades agrícolas. Los rubros con mayor producción en esta zona del país son: maíz duro seco, plátano, palma aceitera, arroz y cacao (INEC y MAG, 2022). En el gráfico 1 se evidencia que en los últimos 10 años existe un aumento constante en la producción de maíz duro seco, que ha variado entre 224,104 t y 545,703 t. En contraste, la producción de plátano se ha mantenido estable, oscilando entre 228,021 t y 338,325 t. Por otra parte, cultivos como arroz, cacao y aceite de palma se han mantenido por debajo de 120 000 t, a excepción del incremento de palma ocurrido durante el 2018 con 273 988 t.

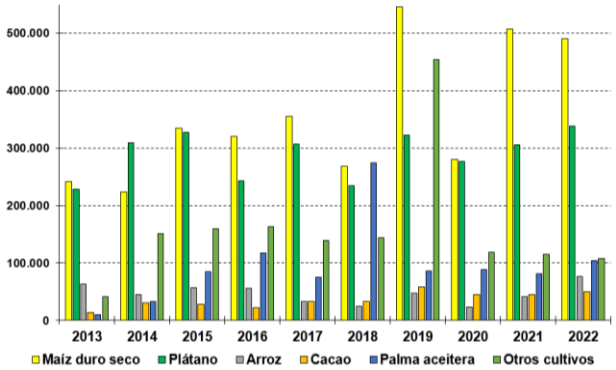

Gráfico 1. Principales cultivos en la provincia de Manabí.

Estimación de residuos

La estimación de residuos se realizó para cuatro de los cinco rubros cultivables con mayor producción. Se exceptuó el plátano, por no estar disponible en el listado de cultivos de la herramienta de la FAO utilizada. Para los cuatro rubros cultivables, dicha herramienta registra nueve tipos de residuos (Figura 2).

Figura 2. Residuos identificados para cuatro de los principales cultivos de Manabí.

Para cada uno de los residuos identificados por rubro cultivable, se estimó la cantidad generada en los últimos 10 años, usando para tal fin el método RA-BEFS descrito anteriormente (Gráfico 2).

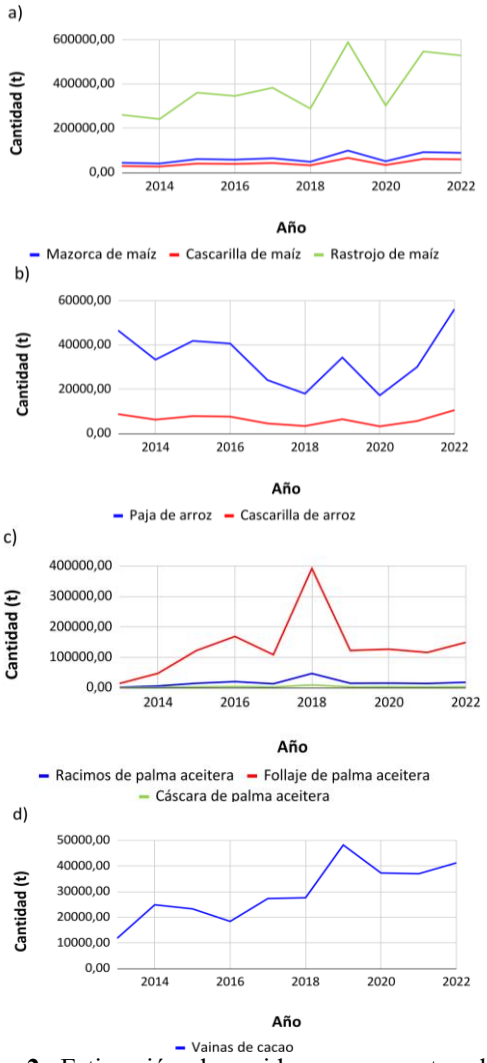

Gráfico 2. Estimación de residuos para cuatro de los principales cultivos de Manabí.

La cantidad de residuos producidos tiene un comportamiento variable, que depende de la producción de cada uno de los rubros analizados, notando un incremento en la producción agrícola de la provincia en los últimos años. Para el maíz, el rastrojo es quien posee mayor disponibilidad. En el caso del arroz, predomina la paja y en cuanto a la palma aceitera, el follaje es el de mayor producción. Según la estimación realizada, el rastrojo de maíz seguido del follaje de palma aceitera registra mayor generación de residuos, con 528606 t y 148967 t respectivamente.

Araújo *et al*. (2019), para los principales cultivos del Brasil estimó una producción promedio de 108 Mt al año de residuos agroindustriales. Las biomasas agrícolas son un recurso importante en la instalación de biorrefinerías de pequeña escala, al permitir el uso de los recursos locales disponibles a la vez que involucra a las partes interesadas para el desarrollo conjunto y el despliegue del mercado (De Visser & Van Ree, 2016). Este tipo de instalaciones constituyen una oportunidad, particularmente para los países en vías de desarrollo y con vocación agrícola como el caso del Ecuador, donde la agricultura representa una porción importante de la economía y la sociedad (Bisangy & Regúnaga, 2019).

Revisión bibliográfica

Un determinante en el uso de los residuos agrícolas es su composición. Entre los compuestos de interés de las biomasas lignocelulósicas, se encuentran la celulosa (C), hemicelulosa (H) y lignina (L), especialmente en la obtención de azúcares fermentables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición CHL de los residuos analizados

Cultivo	Residuo	C (%)	H (%)	L (%)	Fuente
Maíz	Cascarilla	5,30	40,40	2,87	Kaliyan y Morey (2010)
	Mazorca	40,0	41,40	5,80	Ibrahim *et al*. (2019)
	Rastrojo	49,4	26,20	8,80	Kaliyan y Morey (2010)
Arroz	Paja	30,30 - 38,20	19,80 – 31,60	7,20 - 12,80	Jin y Chen (2007)
	Cascarilla	35,62 ± 0,12	11,96 ± 0,73	15,38 ± 0,20	Saha *et al*. (2005)
Palma	Racimos	38,30	35,30	22,90	Van Dam (2017)
	Follaje	43,20	5,20	51,60	Pato *et al*. (2021)
	Cáscara	20,80	22,70	49,90	Van Dam (2017)
Cacao	Vainas	35,40 ± 0,33	37,00 ± 0,50	14,70 ± 0,30	Daud *et al*. (2013)

Los residuos agrícolas son potencialmente utilizables, como fuente para la obtención de biopolímeros, como la celulosa. Entre los más adecuados para tal fin, resaltan la paja de soja, cáscara y rastrojos de maíz, hojas y bagazo de caña de azúcar (Araújo *et al*., 2019). La hemicelulosa es de interés para la extracción de azúcares fermentables, mientras que la lignina en los últimos años se ha utilizado para la obtención de nanopartículas con aplicaciones diversas. Otra variable de interés en los residuos es su poder calorífico (Cuadro 2), la cual se define como la cantidad de energía que se produce en la combustión completa de una unidad de masa o de volumen de un combustible (Burschel *et al*., 2003). El poder calorífico superior (PCS) hace referencia al calor total que se produce en la combustión y el inferior (PCI), al calor aprovechable.

Cuadro 2. PCS de los residuos analizados.

Cultivo	Residuo	PCS (MJ/kg)	Fuente
Maíz	Cascarilla	16,14	Reinehr *et al*., 2020
	Mazorca	15,88	Berastegui *et al*. 2017
	Rastrojo	16,9	Marafon *et al*., 2021
Arroz	Cascarilla	16,5	Valverde *et al*., 2007
	Paja	19,88	Sagastume *et al.* 2017
Palma aceitera	Racimos	21,30	Zavala *et al*., 2021
	Follaje	21,30	Abnisa *et al.,* 2013
	Cáscara	12,56	Forero *et al.*, 2012
Cacao	Vainas	18,85	Zavala *et al*., 2021

Se encontró que los provenientes de la palma aceitera, son los que reportan mayor PCS. Una biomasa con alto poder calorífico podría servir para generar bioenergía con elevado rendimiento energético. El PCS es una medida del potencial energético que estos residuos tienen para autoabastecer un proceso de biorrefinación o para generar energía. Otros usos dados a los residuos analizados se presentan (Cuadro 3).

Cuadro 3. Diversos usos dados a los residuos analizados.

Cultivo	Residuo	Usos	Fuente de consulta
Maíz	Mazorca	Fabricación de Concreto	Ahmad *et al*. (2023).
	Cascarilla	Absorbente para biorremediación ambiental, producción de bioenergía	Ponce *et al.* (2021); Gómez-Vásquez *et a*l. (2022).
	Rastrojo	Biocoque, biorremediación ambiental, alimentación animal, producción de furfural, xilitol y carbón activado, generar calor y energía	Kaliyan y Morey (2010); Tryner *et al*. (2014); Gani *et al.* (2023); Huang *et al*. (2023).
Arroz	Paja	Fabricación de Bio-silica	Ekwenna *et al.* (2023)
	Cascarilla	Biorremediación ambiental, bioproductos, compuestos fenólicos	Goodman (2020); Corrales-Centeno *et al.* (2023); Kumar *et al*. (2023); Kaur & Ubeyitogullari (2023).
Palma aceitera	Racimos	Biopolímeros, producción de metano, suplementos de carbono para suelos y retorno de nutrientes	Vam Dam (2017); Nurika *et al*. (2023); Sazuan *et al.* (2023).
	Follaje	Tableros, producción de carbón activado	Maulina & Anwari (2018); Wahab *et al*. (2021).
	Cáscara	Fabricación de concreto, biorremediación ambiental, asfalto, adsorción de fenol, generación de energía por combustión, gasificación o pirólisis	Vam Dam (2017); Ogundipe *et al.* (2021); Aliyu-Yaro *et al.* (2022); Chong-Lua (2022); Pranolo *et al*. (2022); Tagbor *et al.* (2022).
Cacao	Vainas	Producción de soda cáustica, dietas para ovejas lechera, potencial antimicrobiano, fabricación de pulpa y papel, biocarbón y generación de energía	Daud *et al*. (2013); Marín Armijos *et al.* (2018); Daniyan *et al*. (2019); Carta *et al*. (2020); Desvita *et al*. (2022).

CONCLUSIONES

La provincia de Manabí en Ecuador, registra a la producción agrícola como fuente de ingreso importante para la economía local y nacional. Pese a ello, también representa un problema creciente de contaminación por generación de residuos agrícolas. La estimación de residuos realizada en esta investigación, revela que existe una cantidad de biomasa lignocelulósica disponible, con potencial de ser utilizada como materia prima en la obtención de productos químicos biobasados, además de bioenergía. La revalorización de estos residuos agrícolas emerge como una estrategia esencial para promover el desarrollo sostenible en Manabí, al mismo tiempo que reduce los impactos ambientales negativos. Esta iniciativa no solo contribuirá a la preservación del entorno natural, sino que también creará oportunidades económicas significativas en las comunidades agrícolas locales a través de la utilización eficaz de estos valiosos recursos.

LITERATURA CITADA

Abnisa, F., Arami-Niya, A., Wan Daud, W., Sahu, J. & Noor, I. 2013. Utilization of oil palm tree residues to produce bio-oil and bio-char via pyrolysis. Energy Conversion and Management, 76:1073-1082. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.08.038

Acosta-Ascuntar, E. S. 2023. La diversificación de las exportaciones ecuatorianas y su relación con el crecimiento económico [Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14239

Aguiar, S., Estrella, M. E., & Cabadiana, H. U. 2022. Residuos agroindustriales: Su impacto, manejo y

aprovechamiento. AXIOMA, 27. https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803

Ahmad, J., Arbili, M. M., Alabduljabbar, H., & Deifalla, A. F. 2023. Concrete made with partially substitution corn cob ash: A review. Case Studies in Construction Materials, 18: e02100. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02100

Aliyu-Yaro, N. S., Sutanto, M. H., Habib, N. Z., Napiah, M., Usman, A., Jagaba, A. H., & Al-Sabaeei, A. M. 2022. Application and circular economy prospects of palm oil waste for eco-friendly asphalt pavement industry: A review. Journal of Road Engineering, 2(4):309-331. https://doi.org/10.1016/j.jreng.2022.10.001

Araújo, D. J. C., Machado, A. V., & Vilarinho, M. C. L. G. 2019. Availability and suitability of agroindustrial residues as feedstock for cellulose-based materials: Brazil case study. Waste and Biomass Valorization, 10: 2863-2878.

BCE (Banco Central del Ecuador). 2021. Producto interno bruto por industria [boletín técnico]. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, 2020. Recuperado el 14 de septiembre de 2023 de https://www.bce.fin.ec/component/search/?searchword=pib&start=0

Berastegui Barranco, C., Ortega Rodríguez, J. P., Mendoza Fandiño, J. M., González Doria, Y. E. & Gómez Vásquez, R. D. 2017. Elaboración de biocombustibles sólidos densificados a partir de tusa de maíz, bioaglomerante de yuca y carbón mineral del departamento de Córdoba. Ingeniare, 25 (4): 643-653. https://doi.org/ 10.4067/S0718-33052017000400643

Bisangy, R. & Regúnaga, M. 2019. Modelos de negocios bioeconómicos para una nueva matriz productiva. http://webiiep.econ.uba.ar/uploads/novedades/108/archivos/3.pdf

Burschel, H., Hernandez, A., Lobos, M. 2003. Leña: una fuente energética renovable para Chile. Chile: Editorial Universitaria.

Calero-Zurita, M., De Santis Arauz, D., Rivas Sierra, D., y Bernal Gutié-rrez, A. (2021). Estado del arte de bioplástico proveniente de los residuos agroindustriales del plátano (musa paradisiaca), para la producción de envases biodegradables. Revista Ingeniería e Innovación, 9 (1), 10. https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2416

CAMAE (Cámara Marítima del Ecuador). 2021. Camarón encabeza las exportaciones no petroleras durante la primera mitad del año. Camae. Recuperado el 15 de septiembre de 2023 de http://www.camae.org/camaron/camaron-encabeza-las-exportaciones-no-petroleras-durante-la-primera-mitad-del-ano/

Carta, S., Nudda, A., Cappai, M. G., Lunesu, M. F., Atzori, A. S., Battacone, G., & Pulina, G. 2020. Short communication: Cocoa husks can effectively replace soybean hulls in dairy sheep diets—Effects on milk production traits and hematological parameters. Journal of Dairy Science, 103(2):1553-1558. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17550

Castro, H., Contreras, E., y Rodríguez, J. P. 2020. Análisis ambiental: impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado (Meta, Colombia). Revista Espacios, 41(38):42–50. https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p05.pdf

Cázares, A., Real, N., Delgado, M., Bautista, L., y Velasco, J. 2016. Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. Agroproductividad, 9(8):10–17. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2642

Cedeño-Coll, E. P. C., & Dilas-Jiménez, J. O. 2022. Producción y exportación del cacao ecuatoriano y el potencial del cacao fino de aroma. Qantu Yachay, 2(1):1. https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i1.17

Chong-Lua, A. 2022. A comparative study of the pore characteristics and phenol adsorption performance of activated carbons prepared from oil-palm shell wastes by steam and combined steam-chemical activation. Green Chemical Engineering. https://doi.org/10.1016/j.gce.2022.11.004

Corrales-Centeno, A., Sanchez Muñoz, S., Severo Gonçalves, I., Sanchez Vera, F. P., Soares Forte, M. B., da Silva, S. S., dos Santos, J. C., & Terán Hilares, R. 2023. Valorization of rice husk by hydrothermal processing to obtain valuable bioproducts: Xylooligosaccharides and Monascus biopigment. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 6:100358. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100358

Daniyan, I. A., Mpofu, K., Daniyan, O. L., Adeodu, A. O., & Uchegbu, I. D. 2019. Design and Modelling of Automated Reactor for the Production of Caustic Potash from Cocoa Pod Husk. Procedia CIRP, 84, 960-965.https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.201

Daud, Z., Kassim, A. S. B. M., Aripin, A. M., Awang, H. & Hatta, M. Z. M. 2013. Chemical composition and

morphological of cocoa pod husks and cassava peels for pulp and paper production. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(9):406-411. http://www.ajbasweb.com/old/ajbas/2013/July/406-411.pdf

Desvita, H., Faisal, M., Mahidin, & Suhendrayatna. 2022. Antimicrobial potential of wood vinegar from cocoa pod shells (Theobroma cacao L.) against Candida albicans and Aspergillus niger. Materials Today: Proceedings, 63:S210-S213. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.410

De Visser, C. d. & Van Ree, R. 2016. Small-scale Biorefining. Wageningen University & Research. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/512997

Espinosa-Negrín, A. M., López-González, L. M., Casdelo-Gutiérrez, N. L., Espinosa-Negrín, A. M., López-González, L. M., & Casdelo-Gutiérrez, N. L. 2022. Pretratamientos aplicados a biomasas lignocelulósicas: Una revisión de los principales métodos analíticos utilizados para su evaluación. Revista Cubana de Química, 34(1):87-110.

Ekwenna, E. B., Wang, Y., & Roskilly, A. 2023. The production of bio-silica from agro-industrial wastes leached and anaerobically digested rice straws. Bioresource Technology Reports, 22:101452. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101452

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Bioenergía y seguridad alimentaria. Evaluación rápida. BEFS RA. Manual de usuario [Archivo pdf]. Extraído el 14 de septiembre de 2023 de http://www.fao.org/3/bp843s/bp843s.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014a. El planteamiento sobre bioenergía y seguridad alimentaria BEFS de la FAO. Guía de implementación [Archivo pdf]. Extraído el 14 de septiembre de 2023 de https://www.fao.org/3/i3672s/i3672s.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. Natural resources - Biomass Potential Assessment [Archivo en Excel]. Extraído el 14 de septiembre de 2023 de https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/energy/befs/natural_resources/external/Agricultural_Residues_tool_3.0.xlsm

Forero Núñez, C., Cediel Ulloa, A., Rivera Gil, J., Suaza Montalvo, A. & Sierra Vargas, F. 2012. Preliminary study on the energetic Potential of Palm cuesco and coconut shellin Colombia. Ingeniería Solidaria, 8 (14):19-25. https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/340

Gani, A., Erdiwansyah, Munawar, E., Mahidin, Mamat, R., & Rosdi, S. M. 2023. Investigation of the potential biomass waste source for biocoke production in Indonesia: A review. Energy Reports, 10:2417-2438. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.065

Gómez-Vásquez, R., Fernández-Ballesteros, E., & Camargo-Trillos, D. 2022. Biogenic nanoporous oxides recovery from by-products of bioenergy production: Rice husks and corncob biochars. Biomass and Bioenergy, 161:106455. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106455

Goodman, B. A. 2020. Utilization of waste straw and husks from rice production: A review. Journal of Bioresources and Bioproducts, 5(3):143-162. https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.07.001

Huang, K., Wang, L., Li, M., Mi, T., Zhang, J., Liu, J., & Yi, X. 2023. Mechanism of porous ceramic fabrication using Second Aluminum Dross assisted by corn stalk as pore-forming agent. Environmental Technology & Innovation, 31:103195. https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103195

Ibrahim, M., Sapuan, S., Zainudin, E. & Zuhria, M. 2019. Extraction, Chemical Composition, and Characterization of Potential Lignocellulosic Biomasses and Polymers from Corn Plant Parts. BioResources, 14 (3):6485-6500. https://ojs.cnr.ncsu.edu/ index . php / BioRes / article / download / BioRes 14 3 6485 Ibrahim Extraction Chemical Composition Corn/6979

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2022. Información productiva territorial. Recuperado el 14 de septiembre de 2023 de http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Jin, S. & Chen, H. 2007. Near-infrared analysis of the chemical composition of rice straw. Industrial Crops and Products, 26 (2):207-211. https://doi.org/10.1016/j.indcrop. 2007.03.004

Jurado-Erazo, D. K., Tulcán-Cuasapud, Y. A., & Rojas González, A. F. 2023. Perspectivas de valorización de residuos de frutas a partir de sus características físicas. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 24(1), e3016.https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:3016

Kaliyan, N., & Morey, R. V. 2010. Densification characteristics of corn cobs. Fuel Processing

Technology, 91(5):559-565. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.01.001

Kaur, S., & Ubeyitogullari, A. 2023. Extraction of phenolic compounds from rice husk via ethanol-water-modified supercritical carbon dioxide. Heliyon, 9(3). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14196

Kumar, R., Sharma, P., Rose, P. K., Sahoo, P. K., Bhattacharya, P., Pandey, A., & Kumar, M. 2023. Co-transport and deposition of fluoride using rice husk-derived biochar in saturated porous media: Effect of solution chemistry and surface properties. Environmental Technology & Innovation, 30, 103056. https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103056

Macías-Bazurto, J. V., & Zambrano Valencia, D. M. 2023. Evaluación de la quitina en la producción de almidón termoplástico con base de cáscara de plátano [Tesis pregrado, Calceta: ESPAM MFL]. http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2137

Marafon, A. C., Amaral, A. F. C., Machado, J. C., Carneiro, J. D. C., Bierhals, A. N., & Guimaraes, V. D. S. 202. Chemical composition and calorific value of elephant grass varieties and other feedstocks intended for direct combustion. Grassland Science, 67(3):241-249.

MarínArmijos, J., García Batista, D. C. R. M. & Barrezueta-Unda, D. C. S. 2018. Elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. Revista Científica Agroecosistemas, 6 (3):75-81. https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/221

Martínez-Balderramo, L. Á., Cheme-Rodríguez, S. D., Baquerizo-Crespo, R. J., & Riera, M. A. 2022. Simulation of an anaerobic digestion system for agricultural residuals generated in the province of Manabí. Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry, 79(596):596. https://doi.org/10.55815/400722

Maulina, S., & Anwari, F. N. 2018. Utilization of oil palm fronds in producing activated carbon using Na2CO3 as an activator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 309(1):012087. https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012087

MIPRO (Ministro de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca). 2022. Boletín de cifras del Sector Productivo. Recuperado el 16 de septiembre de 2023 de https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2022/11/Boletin-Cifras-Productivas-NOV2022.pdf

Monteiro, MR, Kugelmeier, CL, Pinheiro, RS, Batalha, MO y da Silva César, A. 2018. Glicerol procedente de la producción de biodiesel: Caminos tecnológicos para la sostenibilidad. Reseñas de energías renovables y sostenibles, 88:109-122. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118300467

Nurika, I., Aristya, Y. I., Azizah, N., Sunyoto, N. M. S., Suhartini, S., Bugg, T. D. H., & Barker, G. C. 2023. Enhancement of the ligninolytic activity of Lysinibacillus sphaericus by the addition of MnSO4 and its impact on subsequent methane production from Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB). Bioresource Technology Reports, 22:101394. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101394

Ogundipe, K. E., Ogunbayo, B. F., Olofinnade, O. M., Amusan, L. M., & Aigbavboa, C. O. 2021. Affordable housing issue: Experimental investigation on properties of eco-friendly lightweight concrete produced from incorporating periwinkle and palm kernel shells. Results in Engineering, 9:100193. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100193

Pato, U., Fortuna Ayu, D., Riftyan, E., Restuhadi, F., Tunggul Pawenang, W., Firdaus, R., Rahma, A., Suryanti Surono, I. & Jaswir, I. 2021. Physicochemical property of oil palm leaves and utilization of cellulose microfiber as probiotic encapsulant. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 22 (7):2937-2944. https://doi.org/10.13057/biodiv/d220746

Ponce, J., Andrade, J. G. da S., dos Santos, L. N., Bulla, M. K., Barros, B. C. B., Favaro, S. L., Hioka, N., Caetano, W., & Batistela, V. R. 2021. Alkali pretreated sugarcane bagasse, rice husk and corn husk wastes as lignocellulosic biosorbents for dyes. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2:100061. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100061

Pranolo, S. H., Waluyo, J., Paryanto, Susanti, A. D., Permana, R. B., Erwanda, I., Delayaski, N., Alhaq, A. 'Izzuddin, & Putro, F. A. 2022. Feasible tar cleaning method of producer gas from palm kernel shell and mahogany fruit shell gasification. Materials Today: Proceedings, 63:S237-S243. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.431

PROECUADOR. 2023. Exportaciones de banano crecieron en el primer trimestre del 2023 – PRO ECUADOR. Recuperado el 15 de septiembre de 2023 de https://www.proecuador.gob.ec/exportaciones-de-banano-crecieron-en-el-primer-trimestre-del-2023/

Reinehr, T. O., Ohara, M. A., de Oliveira Santos, M. P., Barros, J. L. M., Bittencourt, P. R. S., Baraldi, I. J., da Silva, E. A. & Zanatta, E. R. 2020. Study of pyrolysis kinetic of green corn husk. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 143 (4):3181-3192. https://doi.org/10.1007/s10973-020-10345-2

Riera, M. A., y Palma, R. R. 2022. Analytical methodology integrated with GIS for the estimation of agricultural waste in the biorefining processes. Transportation Research Procedia, 67: 147-152.

Rodríguez, E. D. 2023. Modelo de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos. Revista de Investigaciones, 12(1):1. https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.3984

Rojas-González, A. F., Flórez-Montes, C., López-Rodríguez, D. F., Rojas-González, A. F., Flórez-Montes, C., & López-Rodríguez, D. F. 2019. Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. Revista Cubana de Química, 31(1): 31-52.

Saha, B. C., Iten, L. B., Cotta, M. A. & Wu, Y. V. 2005. Dilute Acid Pretreatment, Enzymatic Saccharification, and Fermentation of Rice Hulls to Ethanol. Biotech- nology Progress, 21 (3):816-822. https://doi.org/10.1021/bp049564n

Sagastume Gutiérrez, A., Cabello Eras, J. J., Hens, L. & Vandecasteele, C. 2017. The Biomass Based Electricity Generation Potential of the Province of Cienfuegos, Cuba. Waste and Biomass Valorization, 8 (6):2075-2085. https : / / doi . org / 10 . 1007/s12649-016-9687-x

Salazar-Acuña, E. 2020. Indicador económico para la evaluación de la gestión municipal de los residuos valorizables en Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales, 54(1):1-15. https://doi.org/10.15359/rca.54-1.1

Sazuan, N. S. A., Zubairi, S. I., Mohd, N. H., & Daik, R. 2023. Synthesising injectable molecular self-curing polymer from monomer derived from lignocellulosic oil palm empty fruit bunch biomass: A review on treating Osteoarthritis. Arabian Journal of Chemistry, 16(2):104500. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104500

Taco-Lambert, L. E., & Pizarro-Romero, K. H. 2023. Análisis comparativo de las exportaciones de camarón, cacao y banano del Ecuador de los años 2018 – 2022 y su incidencia en la balanza comercial. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 6(2): 2.

Tagbor, T. A., Mohammed, L., Mohammed, M., Bruce-Mensah, M. M., Tekpetey, S., Armoo, E. A., Adomah, R., Arthur, T. D., Agyenim, F. B., Amoah, J. Y., Laryea, G. N., & Serkan Kirghiz, M. 2022. The utilization of palm kernel shells and waste plastics in asphaltic mix for sustainable pavement construction. Scientific African, 16:e01277. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01277

Tryner, J., Willson, B. D., & Marchese, A. J. 2014. The effects of fuel type and stove design on emissions and efficiency of natural-draft semi-gasifier biomass cookstoves. Energy for Sustainable Development, 23:99-109. https://doi.org/10.1016/j.esd.2014.07.009

Valverde, J. C., Arias, D., Campos, R., Jiménez, M. F. & Brenes, L. 2021. Forest and agro-industrial residues and bioeconomy: perception of use in the energy market in Costa Rica. Energy, Ecology and Environment, 6 (3):232 -243. https://doi.org/ 10.1007/s40974-020-00172-4 Valverde G., A., Sarria L., B. & Mont

Vam Dam, J. 2017. Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa. Palmas, 37:149-156.https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11930

Wahab, R., Rasat, M. S. M., Fauzi, N. M., Sulaiman, M. S., Samsi, H. W., Mokhtar, N., Ghani, R. S. M., Razak, M. H., Wahab, R., Rasat, M. S. M., Fauzi, N. M., Sulaiman, M. S., Samsi, H. W., Mokhtar, N., Ghani, R. S. M., & Razak, M. H. 2021. Processing and Properties of Oil Palm Fronds Composite Boards from Elaeis guineensis. En Elaeis guineensis. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.98222

Zavala, C. H., Pretell, V., Verastegui, J. & Ramirez, A. 2021. Estimación del potencial energético del gas pobre a partir de la gasificación de cáscara de cacao y racimos de frutos vacíos de palma aceitera. Información Tecnológica, 32 (2):143-150. https: //doi.org/10.4067/S0718-07642021000200143

Zuluaga, R., Osorio, M., Castro, C., Betancourt, S., Kerguelen, H., Salazar, S., Santana, R., y Marín, D. 2019. Compendio de las alternativas para el desarrollo de materiales que brindan las estructuras celulósicas aisladas de residuos de la agroindustria de. CYTED - Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 119–130. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/122024/CONICET_Digital_Nro.734b37f4-424f-4639-a2ef-5b4dc1e-d2403_B.pdf?sequence=5yisAllowed=y

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

INFLUENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LAS CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO, SECTOR LA PRADERA II, GUAYAQUIL

INFLUENCE OF VEHICLE FLOW ON CONCENTRATIONS OF PARTICULATE MATERIAL, LA PRADERA II SECTOR, GUAYAQUIL

Cristian Lara-Basantes[1], Tomás Hernández-Paredes[1,4], JeanCarlo Andrade[2], Guido Patricio Santillán Lima[3], Rómulo Cabezas[1]

[1]Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
[2]Carrera de Ingeniería en Biodiversidad y Recursos Genéticos, Universidad Indoamérica, Quito, Ecuador
[3]Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
[4]Carrera de Ingeniería en Petróleo, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

Email: clara@uagraria.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 29/12/2023

Aceptado: 13/05/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):21-28

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.458

Resumen

La presente investigación se centra en conocer la influencia del flujo vehicular en las horas pico con respecto a las concentraciones a nivel del suelo de material particulado con 10 y 2,5 micras de diámetro (PM_{10} y $PM_{2,5}$) en la zona norte del sector La Pradera II, Guayaquil-Ecuador. Para registrar el flujo vehicular se empleó el método de conteo manual y para medir las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ se utilizó un monitor de calidad de aire marca Dylos modelo DC1700; esto se llevó a cabo en tres días de la semana (martes, jueves y domingo) durante cuatro semanas, en siete puntos y en dos jornadas horarias (diurna y nocturna). Se calcularon los promedios a los valores obtenidos para representarlos en series temporales, histogramas, test de normalidad y correlación de Spearman. Los resultados mostraron que, en muchos casos no se observan correlaciones significativas, especialmente en la jornada diurna, donde en ocasiones, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ no son directamente proporcionales al número de vehículos. Mientras que en la jornada nocturna existen correlaciones que varían entre positivas débiles y moderadas, indicando que los aumentos en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ se asocian a incrementos leves y moderados del número de vehículos. Gran parte de estas variaciones son atribuidas al dinamismo que poseen las partículas ante factores no contemplados en este estudio, tales como: meteorológicos, de diseño urbano y características propias de cada vehículo.

Palabras clave: Correlación, calidad de aire, Dylos, PM_{10}, $PM_{2,5}$, vehículos

Abstract

The present investigation focuses on knowing the influence of vehicular flow during peak hours with respect to ground-level concentrations of particulate matter with 10 and 2.5 microns in diameter (PM10 and PM2.5) in the northern area of the sector. La Pradera II, Guayaquil-Ecuador. To record the vehicle flow, the manual counting method was used and to measure the concentrations of PM10 and PM2.5, a Dylos air quality monitor model DC1700 was used; this was carried out on three days of the week (Tuesday, Thursday and Sunday) for four weeks, at seven points and in two time shifts (day and night). The averages were calculated from the values obtained to represent them in time series, histograms, normality test and Spearman correlation. The results showed that, in many cases, no significant correlations are observed, especially during the daytime, where sometimes the concentrations of PM10 and PM2.5 are not directly proportional to the number of vehicles. While at night there are correlations that vary between weak and moderate positive, indicating that increases in PM10 and PM2.5 concentrations are associated with slight and moderate increases in the number of vehicles. A large part of these variations are attributed to the dynamism that the particles possess due to factors not contemplated in this study, such as: meteorological, urban design and characteristics of each vehicle.

Keywords: Correlation, air quality, Dylos, PM_{10}, $PM_{2.5}$, vehicles.

INTRODUCCIÓN

La forma en como el ser humano se moviliza es uno de los mayores retos que las ciudades en crecimiento deben afrontar, donde generalmente el aumento de su parque automotor no va de la mano con la creación de normativas e infraestructuras necesarias para mejorar la vialidad (Cabrera-Arana *et al.,* 2015). En las ciudades densamente pobladas, las emisiones de Material Particulado (PM por sus siglas en inglés) hacia la atmósfera se originan principalmente a causa del flujo vehicular (UNICEF, 2020). Mayer (1999) indica que los niveles de contaminación en el aire de las ciudades aumentan por la combinación entre el incremento de la población y los cambios del uso del suelo para aumentar áreas urbanas. Así también, Rojas (2007) sostiene que uno de los aspectos determinantes en la calidad de vida de un centro urbano, es la calidad de aire que los pobladores respiran y Pérez (2017) reafirma que la existencia de PM en el aire afecta directamente en la salud de los seres humanos, animales e incluso plantas.

En los humanos, la presencia de PM en el aire, especialmente de $PM_{2,5}$ (material particulado con un diámetro menor o igual a 2,5 micras) y de PM_{10} (material particulado con un diámetro menor o igual a 10 micras) conduce a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y afectaciones a los ojos debido al diámetro que poseen las partículas; mientras más pequeña es la partícula, mayor es su capacidad de penetrar en el cuerpo humano y de generar afectaciones graves, principalmente en el sistema respiratorio donde se encuentran los alvéolos pulmonares, lo que puede producir eventualmente cáncer y conllevar a la muerte (UNICEF, 2020). El PM con un diámetro igual o menor a 10 micras es uno de los contaminantes atmosféricos más peligrosos del mundo y que en las urbes es emanado principalmente por los vehículos con motor que operan con combustibles fósiles. A nivel mundial, alrededor de 3,7 millones de personas mueren a causa de problemas respiratorios y cardiovasculares ocasionados por las concentraciones de PM presentes en las ciudades, siendo este contaminante el autor de una de cada nueve muertes en el mundo (OPS/OMS, 2016).

En las urbes con una población densa existen varios factores que intervienen en las variaciones de las concentraciones de $PM_{2,5}$ y PM_{10}, entre los cuales, a más del tamaño y la conformación del parque automotor como principal factor, también influye la geometría de las calles, el número de edificaciones contiguas, la altura de los edificios y el viento en términos de velocidad y dirección (Manzi *et al.,* 2003; Lipp, 2014). Teniendo en cuenta que los vehículos pesados como camiones o buses generan mayores emisiones de $PM_{2.5}$ y PM_{10}, por contar con motores de alta potencia, deficiencia en su estado técnico y falta de mantenimiento (Torres y Vitale, 2018).

Desde hace varios años, la ciudad de Guayaquil perteneciente a la provincia del Guayas ha presentado un intenso tráfico vehicular, debido al crecimiento exponencial de su parque automotor, lo que estaría relacionado a su crecimiento demográfico y a la falta de opciones adecuadas de transporte público. Es común en la ciudad que varios sectores sufran a diario de congestionamientos vehiculares, principalmente en horas pico, que corresponden en su mayoría al inicio y fin de las jordanas laborales y estudiantiles (Ashhad *et al.,* 2020) y donde se estarían generando gran cantidad de partículas a nivel de inmisión, es decir, a nivel del suelo (Morales-Pinzón y Arias, 2013; Verdezoto *et al.,* 2020). Solamente en el periodo de 2002 al 2010, en la provincia del Guayas se reportaron cerca de 233 000 casos de infecciones respiratorias agudas, atribuidas en gran medida al PM, encontrándose la mayor parte de este problema en el cantón Guayaquil (MAE, 2010).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador (INEC) en el 2010, la población del cantón Guayaquil se posicionaba en alrededor de 2,4 millones de habitantes y la proyección hasta el 2020 se estimaba que aumentaría hasta 2,7 millones, estos valores corresponden entre el 60% al 67% del total de habitantes de la provincia del Guayas (alrededor de 37 millones en los 2010 y 4,4 millones en el 2020), siendo por muchos años uno de los cantones más poblados del país (INEC, 2010). Por otro lado, la cantidad total de vehículos a motor matriculados en la provincia aumentó de 0,48 millones en el 2016 hasta 0,66 millones en el 2022, de los cuales 0,43 millones correspondían solo al cantón Guayaquil en el 2022 (INEC, 2022).

Con estos antecedentes, en el presente trabajo se analiza si las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la zona norte del sector La Pradera II están directamente relacionadas con el flujo vehicular existente en horas pico. De esta manera, se busca comprender mejor la fuente y la magnitud de la contaminación por este tipo de partículas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la zona norte del sector La Pradera II, ubicado el sureste de la ciudad de Guayaquil, entre la Avenida Domingo Comín y el sector de La Pradera III, cerca de las terminales portuarias (Figura 1). Este sector posee un importante flujo vehicular, principalmente en horas pico, debido a la presencia de industrias, locales comerciales, instituciones educativas, parques y estaciones de Metrovía (Sistema de Transporte Público Municipal), conectadas por una vía principal de doble sentido (Av. Domingo Comín) y calles de un solo sentido, donde transitan desde automotores pequeños de dos a cuatro ruedas, hasta buses y vehículos de carga pesada.

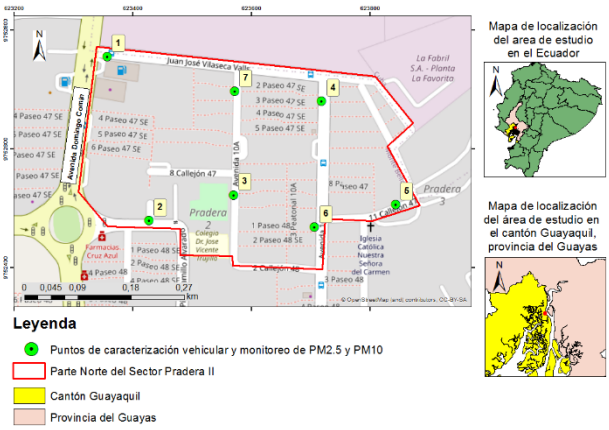

Figura 1. Ubicación del área de estudio con los puntos de caracterización vehicular y monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Caracterización y monitoreo

Dentro del área de estudio se establecieron 7 puntos considerando criterios como accesibilidad y seguridad (Figura 1), donde de manera simultánea se procedió a caracterizar el flujo vehicular y monitorear la concentración de PM_{10} y PM_{25}, en un lapso de 10 minutos por cada punto seleccionado durante 2 horas aproximadamente, considerando tiempos de traslado de un punto a otro. Esto fue realizado en dos jornadas del día (07h00 a 09h00 – jornada diurna y 18h00 a 20h00 – jornada nocturna), en 4 semanas continuas, donde no existan feriados. Se consideraron estos horarios por ser los periodos iniciales y finales de la jornada laboral y estudiantil del sector, donde usualmente se presencia mayor flujo vehicular. En el Cuadro 1 se describen las semanas cuando se realizó la caracterización del flujo vehicular y el monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$, los días seleccionados y su simbología.

Cuadro 1. Semanas y días de caracterización vehicular y monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$

Semana	Día	Simbología
Semana 1 (del 17 al 23 de octubre de 2022)	Martes	M1
	Jueves	J1
	Domingo	D1
Semana 2 (del 24 al 30 de octubre del 2022)	Martes	M2
	Jueves	J2
	Domingo	D2
Semana 3 (del 07 al 13 de noviembre del 2022)	Martes	M3
	Jueves	J3
	Domingo	D3
Semana 4 (del 14 al 20 de noviembre del 2023)	Martes	M4
	Jueves	J4
	Domingo	D4

Nota: Las fechas corresponden a la época seca de la ciudad de Guayaquil. No fue considerada la semana del 31 de noviembre al 06 de diciembre del 2022 por tener días de feriado nacional.

Para la caracterización del flujo vehicular se utilizó la metodología de conteo manual, ideal para conteos de poco tiempo de duración establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México (2016). Este método permitió contar los vehículos que transitaron por cada punto seleccionado de forma visual, donde se registró la información en una hoja de conteo. En esta hoja se tomaron en cuenta los vehículos según su función y características (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de vehículos según su función y características (Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México, 2016)

Vehículos de Pasajeros		Vehículos de Carga
Tipo A	Tipo B	Tipo C
Automóviles, motocicletas y automóviles con remolque	Autobuses de 2 a 4 ejes	Camiones unitarios de 2 a 3 ejes, camión con remolques, tractores con 3 ejes y semirremolque de 2 a 3 ejes, otros tractores con 1 o 2 semirremolques, tractores de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolques de 4 ejes, y otros tractores con semirremolque y remolque

En cuanto al monitoreo de las concentraciones de $PM_{2.5}$ y PM_{10}, se empleó la metodología de analizadores automáticos, que proporciona una medición de alta resolución y en tiempo real, mediante métodos electro ópticos como absorción de rayos ultravioletas o infrarrojos (Dirección General de Salud Ambiental de Perú, 2005). Estas mediciones se llevaron a cabo en cada punto seleccionado, con el monitor de calidad de aire Dylos - Modelo DC1700-PM ($PM_{2.5}$/PM_{10}) AQM, el cual contiene una pantalla LCD con un gráfico de barras que indica al instante las lecturas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en $\mu g/m^3$ y permite descargar los datos almacenados junto con el tiempo real de medición desde su software incorporado Dylos Logger 3.0 (Dylos Corporation, 2022). El monitor fue colocado sobre un trípode a una altura de 1,5 m.

Se empleó estadística descriptiva a los datos obtenidos, calculando el promedio aritmético entre todos los puntos de monitoreo de cada día y en ambas jornadas, por cada variable analizada (concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, número de Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga). Estos datos se representaron en gráficos de series temporales, tanto para la jornada diurna como nocturna, con el propósito de visualizar y analizar sus variaciones a lo largo del tiempo, constituyendo un paso inicial hacia la representación gráfica de las tendencias y patrones temporales de las variables bajo observación, permitiendo identificar patrones específicos en los distintos periodos de monitoreo, así como para comprender que tanto influye el flujo vehicular en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Así también, se confeccionaron histogramas y test de normalidad para los datos ambas jornadas. Los histogramas ayudaron a representar la distribución de las variables bajo análisis; este enfoque permitió visualizar la frecuencia con la que se presentan distintos valores, brindando una perspectiva general de la forma de

distribución de cada variable. El test de normalidad ayudó a evaluar los resultados, mediante la prueba de Shapiro-Wilk con un nivel de confianza del 95%, con el fin de discernir si los datos presentan características paramétricas o no paramétricas; este enfoque metodológico fortalece la comprensión de la naturaleza de los datos y contribuye a la robustez del análisis estadístico.

Finalmente, se aplicó el método estadístico no paramétrico de Spearman para conocer las correlaciones entre las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ con respecto a la cantidad de Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga; la correlación cercana a cero denota una relación prácticamente inexistente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el gráfico 1 y 2 se indica el promedio de las variables de cada día en la jornada diurna y nocturna, respectivamente, representados en series temporales.

En la jornada diurna, durante las dos primeras semanas a pesar del aumento y descenso considerable del número de vehículos, se observa que las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ no varían de forma significativa y se mantienen en rangos de 41,2 µm/m³ a 52,1 µm/m³ para PM_{10} y entre 22,2 µm/m³ a 29,2 µm/m³ para $PM_{2,5}$. En el M3 y D3 existen discrepancias notables: el M3 presenta un aumento significativo del número de ambos tipos de vehículos, sin embargo, también se tuvo el descenso más importante en las concentraciones de PM_{10} con 23,0 µm/m³ y $PM_{2,5}$ con 13,1 µm/m³, el D3 por el contrario, presentó una disminución importante de vehículos y un aumento en las concentraciones de PM_{10} con 57,1 µm/m³ y $PM_{2,5}$ con 31,0 µm/m³. En la cuarta semana se evidenciaron valores directamente proporcionales en todos los días, cuando el número de vehículos aumentó y disminuyó, las concentraciones también lo hicieron; en el J4 se registraron los valores más altos de PM_{10} y $PM_{2,5}$, con 87,2 µm/m³ y 42,4 µm/m³, respectivamente (Gráfico 1).

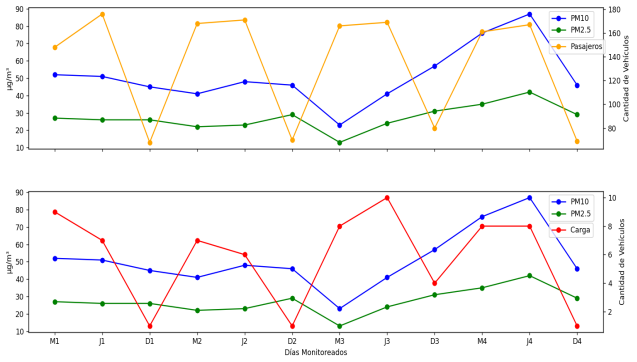

Gráfico 1. Serie de datos temporales – Jornada Diurna

En la jornada nocturna, la primera y segunda semana presenta días con disminuciones y aumentos en el número de vehículos, que están a la par con las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$, mucho más marcado en PM_{10} donde se registran valores que fluctúan entre 36,3 µm/m³ a 89,1 µm/m³, mientras que el $PM_{2,5}$ presenta valores entre 20,3 µm/m³ a 44,0 µm/m³. Por otro lado, la mayoría de los días de la tercera y cuarta semana presenta varias discrepancias, los valores de PM_{10} y $PM_{2,5}$ no varían significativamente en relación al aumento y disminución del número de ambos tipos de vehículos; el PM_{10} presenta concentraciones entre 35,0 µm/m³ a 72,2 µm/m³ y el $PM_{2,5}$ entre 20,0 µm/m³ a 31,0 µm/m³, estas discrepancias no existen en M3 y D4, donde al aumentar y disminuir el número de vehículos, los valores de ambos tipos de PM, también lo hacen (Gráfico 2).

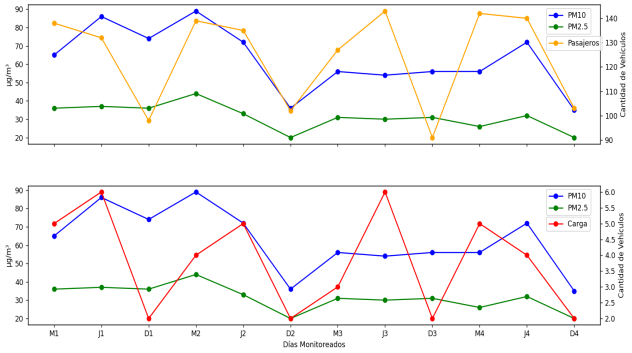

Gráfico 2. Serie de datos temporales – Jornada Nocturna

El gráfico 3 indica la distribución del PM_{10} y $PM_{2,5}$ con respecto a los vehículos de pasajeros y de carga en la jornada diurna, mediante histogramas. El histograma del PM_{10} muestra una distribución relativamente simétrica y centrada alrededor de los valores intermedios, la forma de la distribución parece ser aproximadamente normal, con una ligera asimetría hacia la derecha; los datos están más concentrados en el rango medio de valores. El histograma del $PM_{2,5}$ muestra una distribución que tiende a la derecha, indicando una mayor concentración de valores más bajos, esto podría sugerir que la mayoría de las observaciones tienden a ser más bajas, con algunos valores más altos presentes; la distribución podría considerarse sesgada a la derecha. El histograma de Vehículos de Pasajeros muestra una distribución que parece ser bimodal, lo que sugiere la presencia de dos grupos distintos, este patrón podría deberse a diferentes condiciones de tráfico durante el periodo diurno; hay una mayor concentración de observaciones con un rango entre 45 a 48 μg/m³ para PM_{10} (4 observaciones) y un rango entre 22 a 27 μg/m³ para $PM_{2,5}$ (6 observaciones). El histograma de Vehículos de Carga muestra una distribución sesgada a la derecha, con la mayoría de las observaciones en el extremo inferior del rango y algunos valores más altos presentes; la concentración de observaciones tiende a ser más baja para vehículos de carga durante la jornada diurna.

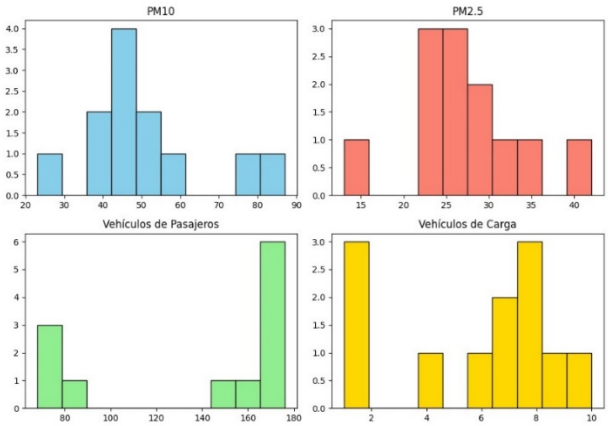

Gráfico 3. Histogramas – Jornada Diurna

Por otro lado, el test de normalidad de la jordana diurna se presenta en el cuadro 3. Se puede asumir que, los datos de PM_{10} y $PM_{2,5}$ siguen una distribución normal: el p-valor de ambos es mayor que el nivel de significancia de 0,05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Mientras que los datos de Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga, se puede decir que no siguen una distribución normal: el p-valor es menor que 0,05, lo que sugiere que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

Cuadro 3. Test de normalidad Shapiro-Wilk – Jornada Diurna

Variables	W	p-valor
PM_{10}	0,8926	0,1271
$PM_{2,5}$	0,9588	0,7671
Vehículos de Pasajeros	0,7234	0,0014
Vehículos de Carga	0,8583	0,0466

Los histogramas de distribución de PM_{10} y $PM_{2,5}$ con respecto a los vehículos de pasajeros y de carga en la jornada nocturna, se muestran en el gráfico 4. El histograma de PM_{10} muestra una distribución simétrica y relativamente centrada, la forma de la distribución parece ser normal, lo que indica una dispersión equitativa de los valores alrededor de la media; no se observa una asimetría significativa hacia la derecha o la izquierda. El histograma de $PM_{2,5}$ muestra una distribución que tiende a la derecha, sugiriendo una concentración más alta de valores bajos; esto podría indicar que las concentraciones durante la noche tienden a tener valores más bajos de $PM_{2,5}$, pero con algunos valores más altos presentes; existe una mayor concentración de observaciones con un rango entre 51 a 56 $\mu g/m^3$ para PM_{10} (4 observaciones) y un rango entre 29 a 34 $\mu g/m^3$ para $PM_{2,5}$ (3 observaciones). El histograma de Vehículos de Pasajeros muestra una distribución que parece ser unimodal, con una concentración alrededor de un valor específico; esto indica que hay una frecuencia más alta de un número específico de vehículos de pasajeros durante la noche. El histograma de vehículos de carga muestra una distribución sesgada a la derecha, la mayoría de las observaciones se encuentran en el extremo inferior del rango, con algunos valores más altos presentes; esto sugiere que, durante la noche, la frecuencia de vehículos de carga tiende a ser más baja, pero hay momentos con valores más altos.

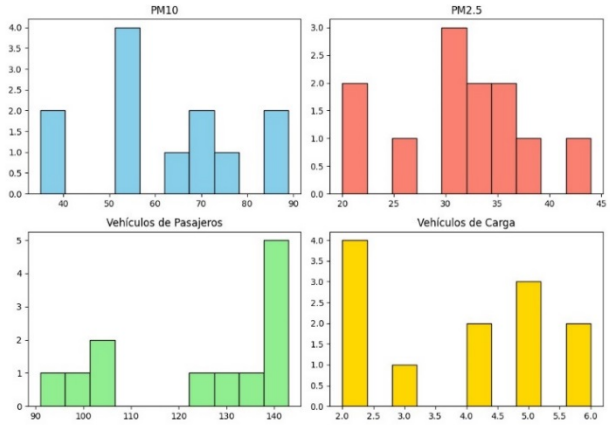

Gráfico 4. Histogramas – Jornada Nocturna

El test de normalidad de la jornada nocturna se indica en el cuadro 4. Se puede decir que, los datos de PM_{10} y $PM_{2,5}$ siguen una distribución normal: el p-valor en ambos es mayor que el nivel de significancia de 0,05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Los datos de los Vehículos de Pasajeros podrían no seguir una distribución normal, ya que el p-valor es menor que el nivel de significancia, sugiriendo que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, los datos de los vehículos de carga siguen una distribución normal: el p-valor es mayor que 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

Cuadro 4. Test de normalidad Shapiro-Wilk – Jornada Nocturna

Variables	W	p-valor
PM_{10}	0,9422	0,5275
$PM_{2,5}$	0,9447	0,5616
Vehículos de Pasajeros	0,8154	0,0141
Vehículos de Carga	0,8626	0,0526

En el gráfico 5 se presenta la correlación de Spearman del PM_{10} con respecto a los vehículos de pasajeros y vehículos de carga en la jornada diurna. La relación entre el PM_{10} versus vehículos de pasajeros es de -0,01, indicando una ausencia significativa de correlación entre ambos. En cuanto a la relación de PM_{10} versus Vehículos de Carga, se observa una correlación de 0,08, indicando una correlación débil pero positiva. Esto sugiere una asociación leve entre las concentraciones de PM_{10} y la cantidad de vehículos de carga.

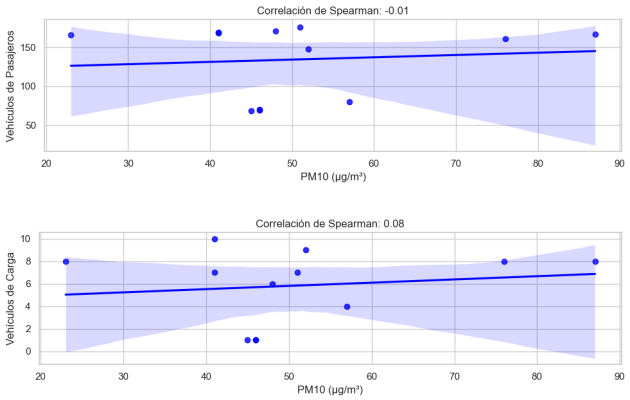

Gráfico 5. Correlación de Spearman - PM_{10} vs Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga – Jornada Diurna.

En el mismo contexto, en el gráfico 6 se analizan las relaciones de $PM_{2,5}$ con vehículos de pasajeros y vehículos de carga. La correlación de Spearman para $PM_{2,5}$ versus Vehículos de Pasajeros es de -0,41, sugiriendo una correlación negativa moderada durante el periodo diurno. Este resultado indica que, a medida que la cantidad de vehículos de pasajeros disminuye, las concentraciones de $PM_{2,5}$ tienden a aumentar. En el caso de $PM_{2,5}$ versus vehículos de carga, la correlación es de -0,12, indicando una correlación negativa débil, siendo esta relación más tenue en comparación con los vehículos de pasajeros.

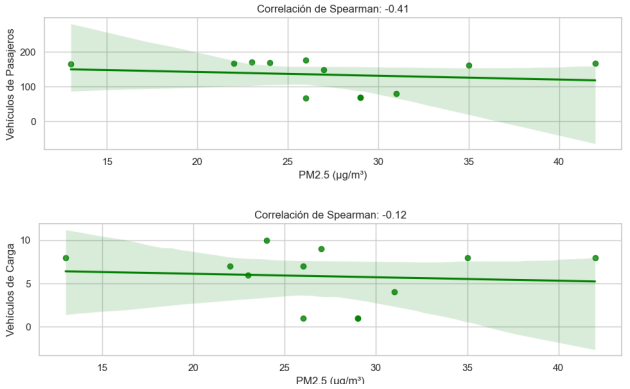

Gráfico 6. Correlación de Spearman – $PM_{2,5}$ vs Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga – Jornada Diurna.

En el gráfico 7 se presenta la correlación de Spearman del PM_{10} con respecto a los vehículos de pasajeros y vehículos de carga en la jornada nocturna. La relación entre el PM_{10} versus vehículos de pasajeros es de 0,13, indicando una correlación positiva débil. Esto sugiere que mayores concentraciones de PM_{10} se asocian con un aumento leve en la cantidad de vehículos de pasajeros durante el periodo nocturno. En cuanto a la relación de PM_{10} versus vehículos de carga, se observa una correlación de 0,30, indicando una correlación moderada y positiva. Esto sugiere que un aumento en las concentraciones de PM_{10} se asocia con un aumento moderado en la cantidad de vehículos de carga durante el periodo nocturno.

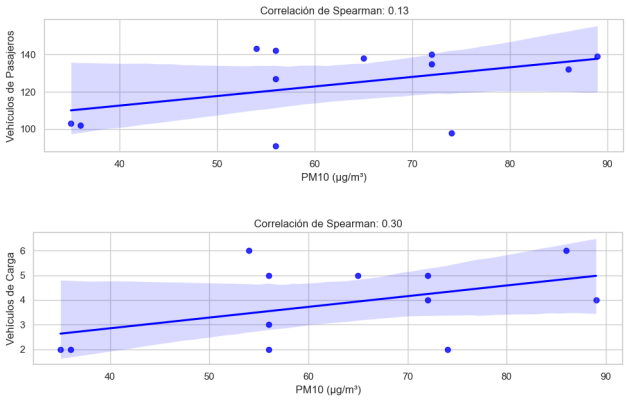

Gráfico 7. Correlación de Spearman – PM_{10} vs Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga – Jornada Nocturna.

Asimismo, en el gráfico 8 se exploran las relaciones entre el $PM_{2,5}$ con vehículos de pasajeros y vehículos de carga durante el periodo nocturno. La correlación de Spearman para $PM_{2,5}$ versus vehículos de pasajeros es de 0,09, evidenciando una correlación positiva débil. Esta relación es más débil en comparación con la jornada diurna. En el caso de $PM_{2,5}$ versus Vehículos de Carga, la correlación es de 0,33, indicando una correlación moderada y positiva. La asociación es más fuerte en comparación con el caso diurno.

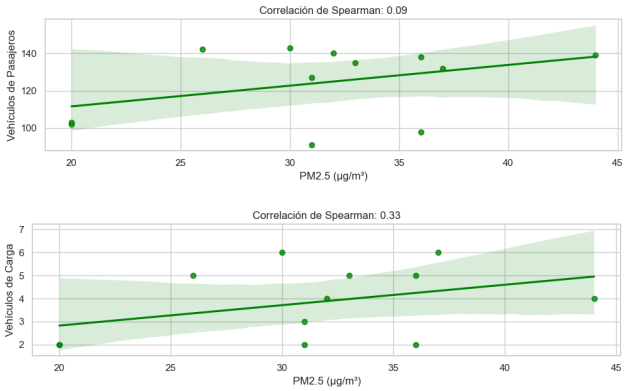

Gráfico 8. Correlación de Spearman – $PM_{2,5}$ vs Vehículos de Pasajeros y Vehículos de Carga – Jornada Nocturna.

Este tipo de correlaciones entre la cantidad de vehículos y las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$, que varían desde no significativas, débiles, moderadas, negativas y positivas, junto con las discrepancias identificadas en las series temporales, pueden atribuirse a la complejidad del comportamiento del PM_{10} y $PM_{2,5}$ a nivel de inmisión ante otros factores no contemplados en este estudio. Según Ediagbonya *et al.*, (2013), Rincón *et al.*, (2023) y Ramos (2023) existe una relación entre las concentraciones de PM y otras variables como las condiciones meteorológicas del lugar, tales como: velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación solar y precipitaciones, principalmente. Lo que en parte podría explicar dichas variaciones en la época seca, donde generalmente existe

una correlación mayor entre el $PM_{2,5}$, la temperatura y la velocidad del viento, que, en época de lluvia, pareciera que las partículas son arrastradas por el agua. Además, si el esparcimiento del PM estuviera únicamente influenciado por el viento, el contaminante se movería en función de su dirección.

Asimismo, aunque las condiciones meteorológicas son fundamentales para entender el comportamiento de las partículas, Manzi *et al*. (2003) y Lipp (2014) indican también, la importancia de considerar otros aspectos del entorno, esta vez del diseño urbanístico, como: la geometría que tienen las calles, la cantidad de infraestructuras contiguas, la altura de las edificaciones, la presencia de plaza y parques e incluso la existencia o no del arbolado urbano. La zona norte del sector La Pradera II cuenta con varios de estos aspectos, la geometría de las calles es bastante irregular, de doble sentido y el número de carriles varían de dos hasta cuatro, además, cuenta con gran cantidad de pasajes peatonales entre cada manzana, donde los únicos vehículos que pueden transitar son motocicletas, lo que denota la gran cantidad de infraestructuras contiguas. La altura de las edificaciones corresponde en su mayoría a viviendas de uno o dos plantas de construcción, sin embargo, en ocasiones se logran observar de hasta cuatro plantas. También se observan áreas recreativas como los parques: Cdla. La Pradera D28, el Polideportivo, Virgen de Fátima, Cristo Redentor y Factoría; aquí la presencia del arbolado fue mayor, en comparación con las avenidas.

Finalmente, no hay que dejar de lado las características descritas por Hatzopoulou *et al*. (2013) y Torres y Vitale (2018) que son propias de cada vehículo, como: tipo y edad del motor, estado técnico, peso y velocidad del vehículo, así como el estilo de conducción estarían afectando a la cantidad y al tipo de partículas emitidas al aire.

CONCLUSIONES

Los resultados indican variaciones en las asociaciones entre las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ con la presencia de ambos tipos de vehículos en función de la jornada de muestreo. Mientras que durante el día no se observan correlaciones significativas, durante la noche se evidencian relaciones más marcadas, particularmente en el caso de los vehículos de carga. Estos hallazgos ofrecen perspectivas valiosas sobre la dinámica entre el flujo vehicular y las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en distintos momentos del día, donde los parámetros meteorológicos se comportan diferente en el día que en la noche.

Evidentemente el flujo vehicular es una de las fuentes de emisiones de este tipo de partículas, sin embargo, no es el único factor que influye en las concentraciones a nivel del suelo presentes en la zona norte del sector La Pradera II. Debido al diámetro que poseen las partículas, su dinamismo está sujeto a otras variables, principalmente meteorológicas, de diseño urbano y a las características propias de cada vehículo. Lo que explica que, en ocasiones, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ son inversamente proporcionales a la cantidad de vehículos.

La necesidad de incorporar más variables para perfeccionar el análisis del comportamiento de las partículas en horas con alto flujo vehicular, es fundamental, para proporcionar una visión más integral de la complejidad de las interacciones entre la calidad del aire y el tráfico vehicular, enriqueciendo la comprensión dinámica del PM_{10} y $PM_{2,5}$ en este sector de la ciudad de Guayaquil.

LITERATURA CITADA

Ashhad, T., Cabrera, F., y Roa, O. 2020. Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. Gaceta Técnica, 21(2):4-23. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960

Cabrera-Arana, G., Velásquez-Osorio, N., y Orozco-Arbelaez, A. 2015. Movilidad: Aporte para su discusión. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 33(3):429-434. DOI: https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v33n3a13

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental de Perú). 2005. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos.

Dylos Corporation. 2022. Dylos - Modelo DC1700-PM PM2.5/PM10 AQM - Monitor de calidad del aire. Obtenido de Expert Environmental (Sitio Web).

Ediagbonya, T., Ukpebor, E., y Okieimen, F. 2013. La influencia de los parámetros meteorológicos sobre las partículas respirables e inhalables durante la estación húmeda. Revista de Ciencias Aplicadas y Gestión Ambiental, 17(4):441-448. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v17i4.1

Hatzopoulou, M., Weichenthal, S., Dugum, H., Pickett, G., Miranda, L., Kulka, R., Andersen, R., y Goldberg, M. 2013. The impact of traffic volume, composition, and road geometry on personal air pollution exposures among cyclists in Montreal, Canada. J Expo Sci Environ Epidemiol, 23:46–51. DOI: https://doi.org/10.1038/jes.2012.85

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2010. Ecuador en Cifras. Obtenido de Ecuador en Cifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/poblacion-y-migracion/

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador). 2022. Ecuador en Cifras. Obtenido de Ecuador en Cifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/transporte/

INEN (Servicio Ecuatorian de Normalización). 2016. Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2656: Clasificación Vehicular. Quito.

Lipp, D. 2014. El cañon urbano su incidencia en la contaminación del aire. Congreso Internacional de Geografía, (págs. 123-128). San Juan, Argentina.

MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2010. Plan Nacional de la Calidad del Aire. Obtenido de Plan Nacional de la Calidad del Aire: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf

Manzi, V., Belalcázar, L., Giraldo, E., Zárate, E., y Clappier, A. 2003. Estimación de los factores de emisión de las fuentes móviles de la ciudad de Bogotá. Revista De Ingeniería, 1(18):18-25. DOI: https://doi.org/10.16924/revinge.18.3

Mayer, H. 1999. Air pollution in cities. Atmospheric Environment, 33(24-25):4029-4037. DOI: https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00144-2

Morales-Pinzón, T., y Arias, J. 2013. Contaminación vehicular en la conurbación Pereira-Dosquedrabas. Revista Luna Azul, (37):101-129.

OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud). 2016. Calidad del Aire Ambiente. Obtenido de Calidad del Aire Ambiente: https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente

Pérez, J. 2017. La calidad del aire en Colombia: un problema de salud pública, un problema de todos. Biosalud, 16(2):5-6. DOI: https://doi.org/10.17151/biosa.2017.16.2.1

Ramos, R. 2023. Relación entre el material particulado (PM10), los parámetros meteorológicos y la concentración de esporas fúngicas en la atmósfera de la Plaza San Martín de Lima. Ecología Aplicada, 22(1):35-41. DOI: http://dx.doi.org/10.21704/rea.v22i1.1927

Rincón, G., Morantes, G., Roa-López, H., Cornejo-Rodríguez, M., Jones, B., y Cremades, L. 2023. Spatio-temporal statistical analysis of PM_1 and $PM_{2.5}$ concentrations and their key influencing factors at Guayaquil city, Ecuador. Stoch Environ Res Risk Assess, 37:1093–1117. DOI: https://doi.org/10.1007/s00477-022-02310-2

Rojas, N. 2007. Aire y problemas ambientales de Bogotá. Foro Nacional Ambiental. Documento de Políticas Públicas, 18, (págs. 1-12). Bogotá.

STC (Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México). 2016. Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras. P 13.

Torres, B., y Vitale, C. 2018. Contaminación atmosférica por material particulado en avenidas de La Habana con alto flujo vehicular. Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente, 38(74):10-18.

UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund). 2020. El aire que respiramos: Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador. Quito: UNICEF Ecuador.

Verdezoto, T., Montes, F., y Medina, O. 2020. Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. Gaceta Técnica, 21(2):4-23. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

BROMATOLOGÍA DEL ENSILAJE DE *Arachis pintoi* Y *Megathyrsus maximums* cv MOMBAZA

BROMATOLOGY OF SILAGE OF *Arachis pintoi* AND *Megathyrsus maximums* cv MOMBAZA

Odilón Schnabel Delgado, Rubén Darío Rivera Fernández, Carmen Andrade Zambrano, Xiomara Cecilia Zambrano Cedeño

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, Avenida Eloy Alfaro y Malecón, Carrera Agropecuaria

Email: odilon.schnabel@uleam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 01/03/2024

Aceptado: 23/05/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):29-33

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.470

Resumen

El objetivo fue determinar el contenido bromatológico del ensilaje constituido por *Arachis pintoi* y *Megathyrsus maximums* cv Mombaza. Se estudiaron tres tratamientos: T1 (75% *A.pintoi*-25% *M. maximums*), T2 (50% *A.pintoi*-50% *M. maximums*) y T3 (75% *M. maximums* -25% *A.pintoi*). Cada unidad experimental contó con cuatro réplicas. La unidad experimental la constituyó una funda de ensilaje de 50 kg. El ensilaje permaneció por un tiempo de 35 días. Posterior a ello se realizó el análisis bromatológico donde se midió: proteína bruta, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), materia seca y digestibilidad. Los resultados indican que existen diferencias estadísticas ($p<0.0$) en las variables analizadas. En el contenido proteico aumenta en relación al contendió de *A.pintoi* siendo el T1 el de mayor promedio con 13.03%. La FDN y FDA presenta un comportamiento inverso a la proteína dado que a mayor porcentaje de *A. pintoi* su concentración disminuye. La materia seca tuvo diferencias estadísticas ($p<0.01$) el T1 con un promedio de 17.47% fue mayor a los demás tratamientos los mismos que comparten categoría. La digestibilidad fue mayor al aumentar el contenido de *A. pintoi*. La mezcla de *A. pintoi y M. maximums* en la elaboración de ensilaje es una alternativa para obtener una mejor composición nutricional.

Palabras clave: bromatología, fibra detergente neutra, fibra detergente acida, digestibilidad, proteína bruta.

Abstract

The objective was to determine the bromatological content of the silage made up of *Arachis pintoi* and *Megathyrsus maximums* cv Mombaza. Three treatments were studied: T1 (75% *A.pintoi*-25% *M. maximums*), T2 (50% *A.pintoi*-50% *M. maximums*) and T3 (75% *M. maximums* -25% *A.pintoi*). Each experimental unit had four replicates. The experimental unit was a 50 kg silage bag. The silage remained for a period of 35 days. After that, the bromatological analysis was carried out where the following were measured: crude protein, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), dry matter and digestibility. The results indicate that there are statistical differences ($p<0.0$) in the analyzed variables. The protein content increases in relation to the *A.pintoi* content, with T1 having the highest average with 13.03%. The NDF and ADF present an inverse behavior to the protein since the higher the percentage of *A. pintoi*, the lower its concentration. Dry matter had statistical differences ($p<0.01$), T1 with an average of 17.47% was higher than the other treatments, the same ones that share the category. Digestibility was greater with increasing *A. pintoi* content. The mixture of *A. pintoi* and *M. maximums* in the production of silage is an alternative to obtain a better nutritional composition.

Keywords: bromatology, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, digestibility, crude protein.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina en la región establecen su alimentación cobijada en el pastoreo de forrajes (Angulo *et al*., 2022), similar situación sucede en el Ecuador donde las condiciones climáticas son responsables de la dinámica en la producción de biomasa a nivel de productores ganaderos por tal razón se hace necesario la implementación de alternativas de conservación de forrajes en épocas de abundancia. El ensilado de cultivos forrajeros es importante para optimizar la producción animal en zonas tropicales y subtropicales, pero su empleo es todavía muy escaso (Villegas, 2023). Estos son utilizados como sustitutos o

complemento en la alimentación de bovinos principalmente destinado a la producción lechera (Lazzarini *et al*., 2019; Ramírez-Rivera *et al*., 2019).

El hábito de mezclar diferentes especies de plantas que presenten altos niveles proteicos es cada día más común en la elaboración de ensilaje (García y León, 2017; Sousa *et al*., 2019). La utilización de gramíneas y leguminosas bajo la técnica del ensilaje mixto reúnen muchas ventajas, basado en el aprovechamiento de los tenores de proteína y el valor nutricional de las leguminosas y las mejores características fermentativas de las gramíneas (Suárez *et al*., 2011). Mediante este proceso, el material ensilado se conserva con un mínimo de pérdidas de materia seca y nutrientes, manteniendo una buena palatabilidad para el ganado (Romero *et al*., 2021).

Entre las ventajas de la mezcla de gramíneas con leguminosas se destacan el aumento del valor nutricional de la dieta, la mejora en la producción animal y los efectos indirectos relacionados con el aporte de nitrógeno al ecosistema de pastos (Rigueira *et al*., 2017), de esta manera se vincula con los nuevos conceptos en seguridad alimentaria en la alimentación del ganado, maximizando su eficiencia, disminuyendo los costos de producción (García *et al*., 2015).

Verdecia *et al*. (2008) señalan que, el pasto saboya (*Megathyrsus maximums* anteriormente clasificado como *Panicum maximum* Jacq) es un forraje de buena calidad nutritiva y eficiente comportamiento productivo en los trópicos que debe aprovecharse en fresco entre los 30 y 45 días de edad para evitar la disminución de su valor nutritivo, además de constituirse en el pasto predominante en la región costa teniendo un excedente en la época de lluvias y una escasez en la época seca, por lo que existe una subutilización del pasto en la primera (Núñez *et al*., 2019).

El maní forrajero (*Arachis pintoi*) es una leguminosa utilizada para el pastoreo de bovinos, gallinas de postura, también como banco de proteínas, producción de heno y se adapta a suelos de baja fertilidad, donde se tiene escasez en investigaciones de su uso como ensilaje. Con estos antecedentes se planteó como objetivo determinar el contenido bromatológico del ensilaje constituido por *Arachis pintoi* y *Megathyrsus maximums* cv Mombaza en lo referente a los contenidos de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y digestibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la finca Experimental Tigrillo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión Chone, esta cuenta con un clima que es por excelencia una urbe subtropical, en verano los vientos modifican el clima y su temperatura oscila entre los 23 y 28 °C, mientras que en invierno alcanza los 34 °C, tiene una superficie de 3.570 km^2. La precipitación media anual es de 1113 mm/año y la altitud está entre los 2 y 671 msnm, predominando las altitudes comprendidas entre los 50 y 250 msnm.

Diseño experimental

Se estudió el ensilaje en tres proporciones de *A. pintoi* y *M. maximums* las mismas que fueron: 75/25 (T1); 50/50 (T2); 25/75 (T3) (*A. pintoi*/*M. maximums*), respectivamente. Cada unidad experimental estuvo compuesta por una funda de ensilaje de 50 kg. Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar con cuatro réplicas.

Manejo del experimento

Para realizar el experimento se estableció una parcela de *A.pintoi* de 200 m^2 sembrada a una distancia de 0.50 x 1 m. En la misma se realizó práctica de manejo como: control de malezas, fitosanitario y riego. La cosecha de *A.pintoi* se la realizó a los tres meses de edad. El pasto para el desarrollo del experimento se obtuvo de una parcela previamente establecida, a la que se le realizó un corte de igualación que consistió en cortar el pasto a una altura de 15 cm sobre el suelo, para de esta manera registrar los días de corte, que se lo realizó los 35 días.

Proceso de ensilado

En ambas especies se aplicó un rango de picado de 3-4 cm compactando con firmeza cada 10 cm, se esparció el aditivo (melaza ½ litro disuelto en 1 L de agua). Se tuvo muy en cuenta no dejar cámara de oxígeno en el amarre de la funda, posteriormente se almacenó en un área protegida de las condiciones ambientales que pudieran afectar el proceso de ensilaje por un tiempo de 35 días.

Variables analizadas

Se evaluaron las variables bromatológicas: proteína bruta, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y materia seca (MS). Para el análisis se tomó al azar cuatro submuestras de cada tratamiento para obtener una muestra madre, la misma se envió al laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí, además, se evaluó la digestibilidad *in situ* en tres ejemplares machos de la raza Girolando de un peso promedio de 480 kg.

Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y para las variables que presentaron diferencias estadísticas

significativas se aplicó la prueba de comparación de medias a través la técnica de Tukey al 5% de error. Además, se realizó el análisis de regresión para las variables evaluadas y el contenido de *A. pintoi*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se presentan los valores correspondientes al análisis bromatológico del ensilaje donde se observa que la mezcla de *A. pintoi* y *M. maximums* resulta influyente en el contenido bromatológico encontrándose diferencias altamente significativas (p<0,01) en todos sus parámetros evaluados ya que los resultados en la fermentación de diferentes mezclas están muy ligados a factores específicos de los forrajes originales (Santana *et al*., 2015), como por ejemplo: a menor fracción de las partículas, mejor será la condición de compactación y acción de los microorganismos productores de ácido láctico (Trujillo, 2010), acción fortalecida con la aplicación de melaza que modifica la composición nutricional y las características fermentativas (Castillo *et al*. 2019) de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas (Alpízar *et al*., 2014).

La proteína bruta (PB) disminuye conforme aumenta el contenido del pasto *M. maximums*, siendo la mezcla de 75/25 de *A. pintoi* y *M. maximums,* respectivamente, la que presenta mayor promedio con 13,1%. De acuerdo a López-Vigoa *et al*. (2017), las gramíneas suelen ser bajas en proteína, carbohidratos y digestibilidad, de allí que su incremento reduce la proteína bruta, se suma a lo expresado por Serbester *et al*. (2015), en que las leguminosas por su alta capacidad amortiguadora del pH y bajo contenido de carbohidratos solubles (Yitbarek y Tamir, 2014), lo que obliga a utilizar aditivos como la melaza que permitan mejorar los indicadores fermentativos, y conservar de manera satisfactoria el forraje (Rigueira *et al*., 2017) promoviendo mejoras en la calidad nutricional y en el perfil fermentativo, principalmente cuando se asocian al pasto.

El contenido de FDN y FDA estuvo determinado por la mezcla realizada 25/75 (T3) *A. pintoi*/*M. maximums,* que fue quien presenta mayor promedio con 53,2 y 38,4%, respectivamente, estando la FDN (FDA + hemicelulosa) asociada a un menor consumo del forraje y la FDA (celulosa + lignina) asociada con una menor digestibilidad (Vélez *et al*., 2002). A diferencia de la M.S y la digestibilidad que en este caso fue la mezcla de 75/25 (T1) *A. pintoi*/*M. maximums* la de mayor promedio con 17,5 y 66,1% respectivamente. La digestibilidad de la MS depende del contenido de FDN y de la digestibilidad de la FDN (Di Marco, 2011), lo que hace a T1 el mejor tratamiento por el contenido de MS y digestibilidad en relación al FDN y FDA.

Cuadro 1. Medias de los parámetros bromatológicos del ensilaje

Tratamientos	P.B (%)	FDN (%)	FDA (%)	M.S (%)	Digestibilidad (%)
T1	13,1 a	33,6 c	20,3 c	17,5 a	66,1 a
T2	12,9 a	47,2 b	30,4 b	15,2 b	63,1 b
T3	11,2 b	53,2 a	38,4 a	15,0 b	63,5 b
Probabilidad	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Error estándar	1,2	4,2	3,8	1,6	3,4

Medias con letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas significativa(p<0.05) según Tukey al 5% de error.

En los gráficos 1 y 2, se observa el análisis de regresión, mismo que indica una clara tendencia de los parámetros evaluados con respecto al contenido de *A. pintoi* en el ensilaje. Se tiene una fuerte asociación entre FDN y FDA, y el contenido de *A. pintoi* con un R^2 de 0,94 y 0,88 respectivamente, que indica que a medida que aumenta el contenido de *A. pintoi* disminuye el contenido de FDN y FDA. Esto se debe a que el contenido de proteína y de minerales de las leguminosas es muy superior al de las gramíneas (Onyeonagu y Eze, 2013) y al aumentar la proporción de leguminosas en la pastura, aumentan los contenidos de proteína bruta (PB) y disminuyen la pared celular (Baxter *et al*., 2017) mejorando la calidad de la dieta (Mahecha *et al*., 2002) porque a mayor FDN y FDA menor digestión de la fibra.

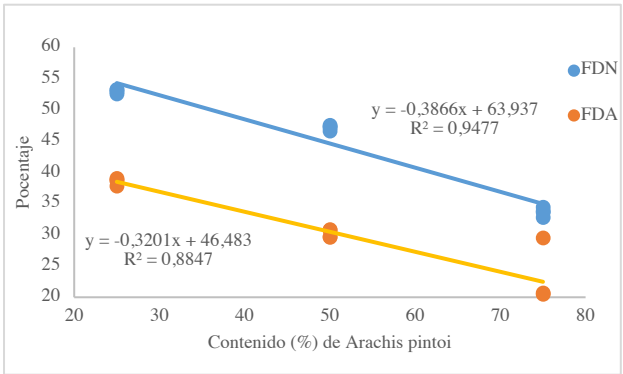

Gráfico 1. Tendencia del FDN y FDA en función del contenido de *A. pintoi* en el ensilaje.

La PB y MS presentaron una tendencia contraria al FDN y FDA ya que al incrementarse el contenido de *A. pintoi* se incrementa la PB y MS, aunque con un grado de menor de asociación con R^2 de 0,75 y 0,74, respectivamente. Lo que indica la influencia que tiene esta leguminosa en la bromatología del ensilaje. Esto es debido a que la inclusión de la leguminosa por su alto contenido proteico en la dieta compensa el menor contenido proteico del pasto (Garay-Martinez *et al*., 2024), más no en su contenido de M.S (Eskandari *et al*., 2009) lográndose un ensilaje de buen rendimiento de materia seca (MS), de energía por unidad de superficie (Garay-Martinez *et al*., 2024).

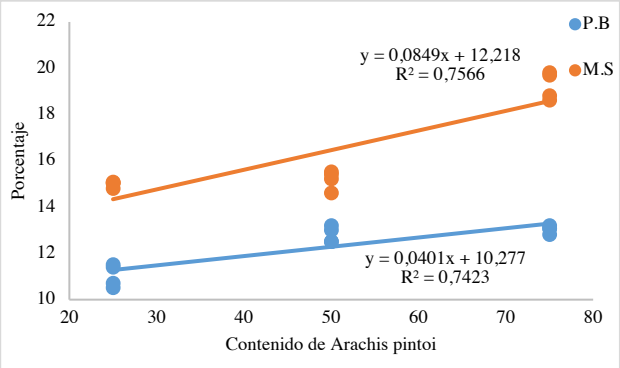

Gráfico 2. Tendencia de la PB y MS en función del contenido de *A. pintoi* en el ensilaje.

CONCLUSIONES

La asociación gramínea-leguminosa combinada es una alternativa en la elaboración de ensilaje con la cual se obtiene una mejor composición nutricional. Los hallazgos indican que uso de *A. pintoi* influye en la composición bromatológica del ensilaje dado que a mayor contenido de *A. pintoi* se incremente la proteína y la materia seca, disminuyendo la FDN y FDA mejorando significativamente la calidad nutricional siempre que el porcentaje de inclusión este entre 50 y 75%.

LITERATURA CITADA

Alpízar, A., Camacho, M., Sáenz, C., Campos, M., Arece, J., & Esperance, M. 2014. Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (Morus alba) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum almun*). Pasto y Forraje, 37: 55-60.

Angulo, J., Nemocón, A., Posada, S., & Mahecha, L. 2022. Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (Tithonia diversifolia) o ensilaje de maíz. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustria. 20(1): 27-40. doi:https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1535.

Baxter, L., West, C., Brown, C., & Green, P. 2017. Stocker Beef production on Low water-input systems in response legume inclusion. Forage and Animal Responses. 57: 2294-2302.

Castillo, J., Benavides, J., Vargas, J., Avellaneda, Y., & García, G. 2019. Applied research on dairy cattle feeding systems in Colombian high tropics. *Revista de* Ciencias Agrícolas. 36(2): 108–122. https://doi.org/10.22267/rcia.193602.122

Eskandari, H., Ghanbari, A., & Javanmard, A. 2009. Intercropping of cereals ans legumes for forage production. Not Sci Biol. 1:7-13.

Garay-Martinez, J; Mucio-Ruiz, F; Godina-Rodriguez, J; Joaquín-Cancino, S; Maldonado-Jáquez, J; Granados-Rivera, L. 2024. Valor nutritivo de ensilados de soya y pasto buffel en diferentes proporciones. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 15(2):1-7. DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v15i2.3648.

García, M., Henry, D., Schulmeister, T., Benitez, J., Ruiz, M., Cuenca, J., Di Lorenzo, N. 2015. Nutrición animal en sistemas tropicales: Uso de residuos agrícolas en la producción animal. 1er Congreso Internacional de producción animal especializada en bovinos. MAskana .

García, V., & León, B. 2017. Producción de biomasa y composición química de la planta de ajonjolí (Sesamum indicum) en la región de Tierra Caliente estado de Guerrero-Mexico. (U. A. Guerrero, Ed.) Mexico: Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterynaria y Zootecnia.

Lazzarini, B., Baudracco, J., Tuñon, G., Gastaldi, L., Lyons, N., Quattrochi, H., & Lopez-Villalobos, N. 2019. Review: Milk production from dairy cows in Argentina; Current state and perspectives for the future. *Applied Animal Science*. 35(4):426-432. doi:https://doi.org/10.15232/aas.2019-01842.

López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J., & MIlera-Rodriguez, M. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. Pastos y forrajes. 40(2): 83-95.

Mahecha, L., Gallego, L., & Peláez, F. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.15: 213-225.

Núñez, J., Ñaupari, J., & Flores, E. 2019. Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum*

Jaq). Revista de Investigación Veterinaria. 30(1):178-192.

Onyeonagu, C., & Eze, S. 2013. Proximate compositions of some forage grasses and legumes as influenced by season of harvest. Afric Journal Agric Res. 8: 4033-4037.

Ramírez-Rivera, E., Rodríguez, J., Huerta, I., Cárdenas, A., & Juárez, J. 2019. Tropical milk production systems and milk quality: a review. Tropical Animal Health and Production. 51(6):1295-1305. doi:https://doi.org/10.1007/s11250-01922-1

Rigueira, J., Pereira, O., Ribeiros, K., Filho, S., Cezánio, A., da Silva, V., & Agarussi, M. 2017. Silage of Marandu Grass with levels of stylo legume treated or not with microbial inoculant. Journal of Agricultural Science, 9 (9):36-42.

Romero, M., Espinoza, I., Barrera, A., & Montenegro, L. 2021. Degradabilidad ruminal in situ de ensilaje de pasto elefante con cinco niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Revista de Investigación Talentos. 8(2):1-8.

Santana, A., Cisnero, L., Martínez, Y., & Pascual, S. 2015. Conservation and chemical composition of Leucaena leucocephala plus fresh or wilted Pennisetum purpureum mixed silages. Revista MCZ Córdoba. 20:4895-4906.

Serbester, U., Akkaya, M. Y., & Gorgulu, M. 2015. Comparison of yield, nutritive value, and in vitro digestibility of monocrop and intercropped corn-soybean silages cut at two maturity stages. Italian Journal of Animal Science. 14(1): 66-70.

Sousa, A., Loiola, E., Rodrigues, N., Rocha, B., Jácome, A., Lopes, A., Viana, L., Lopes, R. 2019. Sesame production and composition conpared with conventional forages. Chilean Journal of Agricultural Research. 79(4):586-595.

Suárez, R., Mejía, J., González, M., García, D., & Perdomo, D. 2011. Evaluación de ensilaje mixtos de Saccharum officinarum y Gliricidia sepium con la utilización de aditivos. Pastos y Forraje. 34(1):69-85.

Trujillo, G. 2010. Guía para la utilización de receursos forrajeros tropicales para la alimentación de bovinos*:* SENA-COMITE de ganadros de Hulia. Fondo ganadero de Huila.

Vélez, M., Hincapié, J., Matamoros, I., & Santillán, R. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. Honduras : Zamorano.

Verdecia, D., Ramirez, J., Leonard, I., Pascual, Y., & López, Y. 2008. Rendimiento y comportamiento del valor nutritivo del Panicum maximum cv. Tanzania. Revista Electronica de Veterinaria REDVET.9(5):1-9.

Villalobos, L; WingChing-Jones, R. 2020. Los pastos estrella africana, kikuyo y "rye grass" en Cartago, Costa Rica: biomasa, composición botánica y nutrientes. Research Journal (e-ISSN 1659-441X) 12(1): e2811. DOI:https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2811.

Villegas, M. 2023. Utilización de yoguor bovino como aditivo en el ensilaje de maiz (*Zea mays*) en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris*). Revista cientifica de la Universidad RegionalAutonoma de Los Andes. 10(1):10-22.

Yitbarek, M., & Tamir, B. 2014. Silage additives. Open Journal of Applied Science. 4:258-274.

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS NEUROTÓXICOS ALTERNADOS PARA EL CONTROL DE INSECTOS FITÓFAGOS EN EL CULTIVO DE CAUPÍ

EVALUATION OF ALTERNATE NEUROTOXIC INSECTICIDES FOR THE CONTROL OF PHYTOPHOUS INSECTS IN COWPEA CROPS

Richard Ariel Zambrano Bravo, Jordan Antonio Cobeña Sánchez, Geoconda Aracely López Álava, Carlos Oswaldo Valarezo Beltrón, Sergio Miguel Vélez Zambrano

Carrera de Ingeniería Agrícola. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador

Email: smvelez@espam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 08/02/2024

Aceptado: 23/05/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):34-39

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.468

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la combinación de insecticidas sobre el control de insectos plagas y rendimiento en el cultivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en Calceta, Ecuador, para esto se evaluó cinco combinaciones de insecticidas para controlar insectos-plaga en el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* L.). Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro réplicas. Se evaluaron 6 tratamientos: T1(imidacloprid, spinetoram, imidacloprid), T2 (tiametoxam, spinetoram, tiametoxam), T3 (lamdacihalotrina, spinetoram, lamdacihalotrina), T4 (imidacloprid, lamdacihalotrina, imidacloprid), T5 (tiametoxam, lamdacihalotrina, tiametoxam) y T6 (control). Los tratamientos se aplicaron a diferentes días después de la siembra. Los tratamientos T2 y T5 demostraron la menor incidencia de *Empoasca* sp. y mayor efectividad en control de otros insectos. T1, T2 y T5 tuvieron los mejores resultados en la mayoría de las variables productivas evaluadas. Los tratamientos T2 y T5 con combinaciones de insecticidas resultaron eficaces en el control de insectos plagas, aumentando la productividad del cultivo de fréjol caupí.

Palabras clave: plagas, control químico, pesticidas.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the effect of the combination of insecticides on the control of insect pests and yield in the crop of caupí beans (*Vigna unguiculata L*. Walp.) in Calceta, Ecuador, for this five combinations of insecticides were evaluated to control Pest insects in caupí cultivation (*Vigna unguiculata L.*). A randomized complete block design (RBCA) with four replications was used. 6 treatments were evaluated: T1 (imidacloprid, spinetoram, imidacloprid), T2 (thiamethoxam, spinetoram, thiamethoxam), T3 (lamdacyhalothrin, spinetoram, lamdacyhalothrin), T4 (imidacloprid, lamdacyhalothrin, imidacloprid), T5 (thiamethoxam, lamdacyhalothrin, thiamethoxam) and T6 (control). The treatments were applied on different days after sowing. Treatments T2 and T5 demonstrated the lowest incidence of *Empoasca sp*. and greater effectiveness in controlling other insects. T1, T2 and T5 had the best results in most of the productive variables evaluated. Treatments T2 and T5 with combinations of insecticides were effective in controlling insect pests, increasing the productivity of the caupí crop.

Keywords: pest, chemical control, pesticide.

INTRODUCCIÓN

El fréjol Caupí *(Vigna unguiculata* L. Walp.*)* es una de las leguminosas más cultivadas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, está destinada principalmente para el consumo humano y para la alimentación de animales por lo que es considerada como una de las leguminosas más sembradas en el mundo (Abebe & Alemayehu, 2022) . En la costa ecuatoriana se sembraron 3,2 y 2,8 mil ha de fréjol tierno y seco, obteniendo un rendimiento promedio de 1798 y 639 $kg.ha^{-1}$, respectivamente (INEC, 2019).

El nivel productivo de esta leguminosa puede verse drásticamente afectado debido a varios factores, entre los que se destacan problemas fitosanitarios de distinta índole Garcés Fiallos *et al.* (2014); entre los que se destacan los provocados por insectos-plaga, que cuando se encuentran en nivel poblacionales altos pueden causar una disminución de los rendimientos en el cultivo de fréjol caupí, pudiendo reducir los rendimientos de cosecha hasta un 75 % o más Da Silva *et al.* (2020); Ruiz (2013).

Además, es importante resaltar que el fréjol caupí es altamente susceptible a enfermedades virales y a una amplia gama de plagas como los defoliadores, trips, perforador de la vaina, áfidos, etc. (Chirinos *et al.,* 2017; Toledo-Perdomo & Sagastume-Mena, 2019).

El lorito verde (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) es considerada una de las principales plagas que puede afectar de forma drástica el desarrollo de las plantas de caupí, ocasionando desorganización celular y obstrucción de los haces vasculares (Barceló & Miranda, 2020; Miranda-Cabrera *et al.,* 2016; Castillo, 2013).

Por consiguiente, Barceló & Miranda (2020); Tilmon *et al.* (2011), indican que, los áfidos provocan ataques severos en este cultivo al momento de alimentarse, ocasionando una notable reducción en la tasa de crecimiento, distorsión de las hojas y retraso en el inicio de la floración y disminución en el tamaño de las vainas de las plantas que sobreviven.

La utilización de insecticidas en los sistemas de producción agrícola ha sido considerada una herramienta fundamental en el control de las plagas, sin embargo, el mal manejo de los productos fitosanitarios, ha causado pérdidas económicas, contaminación ambiental y daños a la salud (Asela *et al.,* 2014; Pathak *et al.,* 2022; Rajmohan *et al.,* 2020). Pero particularmente problemas de resistencia a estos productos (Dang *et al.,* 2017; Khan *et al.,* 2020).

La combinación de ingredientes activos con mecanismos de acción diferentes, está direccionado para que los insectos plagas presenten resistencia a los ingredientes activos de forma más retardada, y también para potencializar el efecto de los mismos sobre las plagas (Kumar *et al.,* 2017; Ramírez-Godoy *et al.,* 2018; Sudo *et al.,* 2018).

Por las razones expuestas, se fundamenta que es ampliamente necesario validar el uso de insecticidas de manera eficiente, para reducir la densidad poblacional de las principales plagas que limitan al cultivo de caupí, potenciando la calidad, productividad y rentabilidad del cultivo (Cabrera-Verdezoto *et al.,* 2016; Kumar *et al.,* 2017), por este motivo el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la combinación de insecticidas sobre el control de insectos plagas y rendimiento en el cultivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en Calceta, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la época seca del año 2021 en el valle del río Carrizal, cantón Bolívar, provincia de Manabí. El experimento estuvo localizado geográficamente en las coordenadas: Latitud Sur: 0º49´27.9”, Longitud Oeste 80º10´27”, y una Altitud de 15 msnm, con un promedio de 800 mm anuales de precipitación.

Tratamientos, diseño estadístico y análisis de datos

La distribución de los tratamientos evaluados fue la siguiente: T1: Imidacloprid, Spinetoram, Imidacloprid; T2: Tiametoxam, Spinetoram, Tiametoxam; T3: Lambdacihalotrina, Spinetoram, Lambdacihalotrina; T4: Imidacloprid, Lambdacihalotrina, Imidacloprid; T5: Tiametoxam, Lambdacihalotrina, Tiametoxam; T6: Testigo.

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), unifactorial (A+1), con 4 repeticiones y 24 unidades experimentales de 16 m2 (4 x 4 m). El análisis estadístico se realizó con ANOVA y la prueba de Tukey a 0.05. Los tratamientos se aplicaron a los 15, 30 y 45 días posteriores a la germinación. Las primeras dos combinaciones (T1 y T2) incluyen insecticidas neonicotinoides y spinosinas que afectan los receptores nicotínicos de la acetilcolina. Aunque cuestionable, se usaron en el experimento por recomendación de productores para el control de plagas.

Manejo específico del experimento

Previo a la siembra las semillas fueron tratadas con thiodicarb en dosis de 10 mL kg^{-1} de producto. Las hileras estuvieron distanciadas a 1 m y las plantas a 0,50 m colocando 2 semillas por sitio, conformando parcelas de 16 m^2. Se aplicó 35 kg de nitrógeno, 50 kg de fósforo y 30 kg de potasio manualmente a 10 cm de las plantas, a los 15 y 30 días. Se regó por goteo cada 3 días o según las necesidades hídricas.

Las arvenses fueron controladas manualmente con machete a los 15 días y con Glufosinato de amonio (1 L. ha^{-1}) a los 30 y 45 días post siembra. La cosecha inicial se llevó a cabo a los 60 días cuando las vainas estaban listas para ser cosechadas en estado verde

Variables respuesta

Se registró variables fitosanitarias y productivas en el estudio. Las variables fitosanitarias incluyeron la incidencia de *Empoasca* sp. por parcela, contabilizada en

la tercera hoja de 10 plantas seleccionadas al azar por parcela, 3 y 5 días después de los tratamientos, en 3 ocasiones. También se calculó el porcentaje de reducción de lorito verde utilizando la fórmula de eficacia de Abbott (1925).

Se midió la longitud de 10 vainas por parcela, se contó el número de granos verdes por vaina seleccionando 10 vainas, y se pesaron 100 granos verdes con una balanza para obtener datos de productividad en cada parcela útil. El recuento de vainas por parcela se realizó contando las vainas de 10 plantas seleccionadas al azar de la parcela central en cada cosecha. Para el número de mazos por hectárea, se pesó las vainas verdes de 10 plantas de la parcela útil y se expresó en mazos de 280 g. mediante la fórmula siguiente:

$$Peso\ de\ vainas\ ha^{-1} = 40000\ plantas\ ha{-}1 \times Peso\ de\ vainas\ en\ kg / Nùmero\ de\ plantas\ muestreadas$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de *Empoasca* sp.

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la incidencia de lorito verde (*Empoasca* sp.) en las 3 evaluaciones realizadas. Solo se observaron diferencias en el primer muestreo a los 3 días posteriores a la aplicación de insecticidas,

En la evaluación a los 30 días después de la siembra, todas las combinaciones de insecticidas mostraron mejor control del insecto en comparación con el testigo. Se observó una tendencia constante en la evaluación a los 45 días, con los tratamientos T2 y T5 mostrando la menor incidencia de *Empoasca* en comparación con el grupo de control, tanto a los 3 como a los 5 días después de la aplicación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de cinco tratamientos con insecticidas químicos más un testigo, en la población de lorito verde en el cultivo de fréjol caupí, en seis muestreos sistemáticos

Trat.	15 dds		30 dds		45 dds	
	3 dpa	5 dpa	3 dpa	5 dpa	3 dpa	5 dpa
T1	6,00	6,75 ab	7,75 b	11,75 b	9,00 b	19,75 b
T2	2,25	4,50 ab	5,00 b	8,50 b	0,50 b	4,75 b
T3	3,75	3,50 ab	8,25 b	12,75 b	15,25 b	22,50 ab
T4	2,50	4,00 ab	8,00 b	9,75 b	10,50 b	24,50 ab
T5	2,50	2,25 b	7,50 b	12,75 b	1,50 b	9,50 b
Testigo	7,25	11,25 a	36,75 a	32,25 a	45,25 a	44,50 a

Promedios con letras diferentes dentro de cada variable presentan diferencias estadísticas según Tukey (p> 0,05)
dds: días después de la siembra
dpa: días posteriores a la aplicación

Estos resultados coinciden con el estudio de De La Rosa (2020) sobre el control químico de la cigarrita (*Empoasca fabae* H.) en cultivos de soya, donde el tiametoxam se destaca como un tratamiento efectivo contra ninfas y adultos de la cigarrita.

Esto concuerda con los resultados de Van Timmeren *et al.* (2011), que indican que el uso de neonicotinoides como tiametoxam e imidacloprid puede reducir eficazmente las poblaciones de cigarritas al modular los receptores nicotínicos de la acetilcolina.

Según Mejía (2018), el tratamiento más efectivo para controlar *Empoasca kraemeri* fue Engeo (tiametoxam lambdacihalotrina), manteniendo bajas poblaciones de la plaga durante todo el ciclo. En el estudio de Cabrera-Verdezoto *et al.* (2016), se observó que el testigo absoluto presentó la mayor incidencia de lorito verde en todos los monitoreos. Los insecticidas de ají, tabaco y clorpirifós mostraron baja incidencia de *E. kraemeri* en aplicaciones a los 15, 23 y 31 días.

Porcentaje de reducción de lorito verde

El análisis de varianza reveló diferencias significativas (p>0,05). El tratamiento más efectivo fue T5, con reducciones del 70% y 55% en *Empoasca* spp. a los 3 y 5 días post-aplicación (dpa). Le siguió T2, con reducciones del 62% y 53% a los mismos dpa, respectivamente (Gráfico 1).

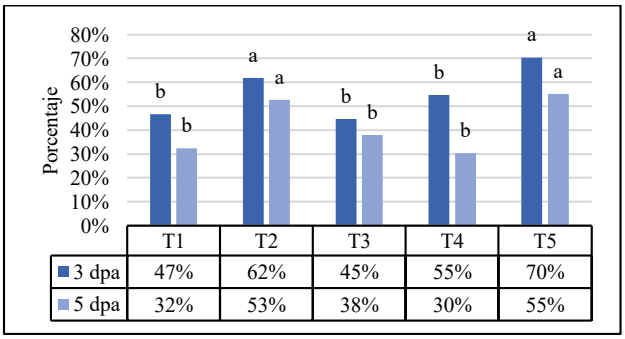

Gráfico 1. Porcentaje de reducción de lorito verdes a los tres y cinco días posteriores a la aplicación de los insecticidas (dpa)

Estos resultados concuerdan con los de Vivas *et al.* (2009), quienes evaluaron insecticidas en arroz y encontraron que thiamethoxan fue eficaz en un 83% y 77% contra el insecto *Sogata*.

A su vez, Ayala y Bermejo (2001) evidenciaron en la remolacha azucarera, que el tiametoxam e imidacloprid reducen la incidencia de *Chaetocnema tibialis* en más del 95%, incluso en situaciones de infestación severa. Estos resultados destacan la efectividad de estos insecticidas en el control de esta plaga en los cultivos de remolacha. Flores-Alaña *et al.* (2015) encontraron los mayores porcentajes de mortalidad de *Bemisia tabaci* del 67 y 12% con imidacloprid en el cultivo de tomate.

En otros estudios sobre el control de insectos cicadélidos como *Dalbulus* en maíz, se ha demostrado que el uso de neonicotinoides como tiametoxam e imidacloprid logra altas tasas de control, superando el 50% de eficacia (De Oliveira *et al.,* 2008; Martins *et al.,* 2008).

Variables productivas

El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p<0,05$) entre tratamientos para longitud de vainas, número de vainas por planta, número de granos verdes por planta, y peso de 100 granos verdes. No hubo diferencias en rendimiento de mazos. Los tratamientos T2 y T5 mostraron los valores más altos en longitud de vainas.

Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas en el número de vainas por planta en comparación con el testigo. T5 destacó con 43,40 vainas y T2 obtuvo el mayor número de granos verdes por vaina (17,62). En peso de 100 granos verdes, T1, T2 y T5 lideraron con 29,79; 29,60 y 29,14 g respectivamente (cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de cinco tratamientos con insecticidas químicos más un testigo, en el promedio de variables productivas, en el cultivo de fréjol caupí

Tratamientos	Longitud vainas (cm)	Número de vainas por planta	Número de granos verdes por vaina	Peso de 100 granos verdes (g)	Rendimiento (mazos.ha)
T1	20,00 ab	39,84 a	16,67 ab	29,79 a	26809,22
T2	21,03 a	43,98 a	17,62 a	29,60 a	30223,00
T3	20,12 ab	31,23 a	16,89 ab	28,88 ab	22037,19
T4	20,22 ab	35,43 a	16,58 ab	27,89 bc	23986,98
T5	20,40 a	43,40 a	16,89 ab	29,14 a	29205,30
Testigo	18,40 b	26,81 b	16,07 b	27,51 c	20380,11

Promedios con letras diferentes dentro de cada variable presentan diferencias estadísticas según Tukey ($p< 0,05$)

Los resultados de Lara Obando (2016) muestran similitudes con un estudio sobre el efecto de insecticidas en el cultivo de fréjol caupí. Se observaron mejores resultados en número de vainas, semillas por planta, peso de 100 semillas y rendimiento en comparación con el grupo de control. La disminución en el rendimiento causada por *Empoasca* spp. fue de 0,44 $tm.ha^{-1}$ (33%) sin insecticidas (Escobar *et al.,* 1990). Altieri y Nicholls (2000) también confirmaron una reducción del 20-30% en rendimiento en cultivos sin un adecuado manejo fitosanitario de plagas.

Esta investigación muestra similitudes con estudios anteriores por Cabrera-Verdezoto *et al.* (2016) y Wei *et al.* (2015) quienes mencionan que, al mezclar insecticidas químicos y ecológicos, se logra no solo disminuir plagas como el lorito verde y la mosca blanca, sino también mejorar los rendimientos en variables productivas. Estos resultados respaldan investigaciones previas que sugieren que el empleo de diversos insecticidas puede reducir plagas como *Aphis craccivora*, *Bemisia* sp. y *E. kraemeri* en el cultivo de caupí, además de favorecer su productividad (Lara-Obando, 2016; Van Timmeren *et al.,* 2011).

CONCLUSIONES

El T2 (Tiametoxam 15 dds, Spinetoram 30 dds, Tiametoxam 45 dds) y el T5 (Tiametoxam, Lambdacihalotrina, Tiametoxam) destacaron como las combinaciones más efectivas para reducir la densidad de *Empoasca* sp. Los tratamientos T1, T2 y T5 destacaron con los mejores promedios en las variables productivas.

Ante los niveles crecientes de resistencia a insecticidas, una combinación efectiva para controlar insectos-plaga en caupí sería tiametoxam, lambdacihalotrina y spinetoram.

LITERATURA CITADA

Abebe, B. K., & Alemayehu, M. T. 2022. A review of the nutritional use of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) for human and animal diets. Journal of Agriculture and Food Research, 10, 100383. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100383

Altieri, M. & Nicholls, C. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. México: Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.

http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf

Asela, D., Del Puerto Rodríguez, M., Susana, D., Tamayo, S., Daniel, L., & Palacio Estrada, E. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 52(3):372–387. http://scielo.sld.cu

Ayala, J. & Bermejo, J. 2001) Primeros resultados de la acción insecticida de tiametoxam sobre *Myzus persicae* y *Chaetocnema tibialis* en remolacha azucarera. Bol. San. Veg. Plagas, 27:129–136.

Barceló, A. M., & Miranda, Y. S. 2020. Artrópodos nocivos asociados al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) en una zona agroecológica en la provincia de las Tunas, Cuba. Ojeando La Agenda, 63(63): 2. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6299153

Cabrera-Verdezoto, R. P., Morán-Morán, J. J., Mora-Velasquez, B. J., Molina Triviño, H. M., Moncayo Carreño, O. F., Díaz Ocampo, E., Meza Bone, G. A., & Cabrera Verdesoto, C. A. 2016. Evaluación de dos insecticidas naturales y un químico en el control de plagas en el cultivo de fréjol en el litoral ecuatoriano. Idesia, 34(5):27–35. https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000025

Da Silva, I. H. L., De Almeida, W. A., & De Sousa, A. H. 2020. Treatment of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) with systemic insecticides for the management of *Cerotoma arcuata* (Olivier) (Coleoptera: Chrysomelidae). EntomoBrasilis, 13:e0877. https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v13.e0877

Dang, K., Doggett, S. L., Veera Singham, G., & Lee, C. Y. 2017. Insecticide resistance and resistance mechanisms in bed bugs, Cimex spp. (Hemiptera: Cimicidae). Parasites and Vectors, 10(1):1–31. https://doi.org/10.1186/s13071-017-2232-3

De la Rosa. 2020. Control químico de cigarrita verde (*Empoasca fabae* H.) en cultivo de soya (*Glycine max*) en el sector Pampa Flores-Buenos Aires- Morropón-Piura-Perú. Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú. http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2155/AGR-LAR-RUE-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De Oliveira, C. M., De Oliveira, E., Canuto, M., & Cruz, I. 2008. Eficiência de inseticidas em tratamento de sementes de milho no controle da cigarrinha *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) em viveiro telado. Ciencia Rural, 38(1):231–235. https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100037

Escobar, R., Cáceres, O., Andrews, K. y Cave, R. 1990. Evaluación de diferentes niveles críticos de *Empoasca* spp. basado en porcentaje de hojas infestadas con ninfas en el cultivo de frijol. Agronomía Mesoamericana. 1: 83-86.

Flores-Alaña, L., Geraud-Pouey, F., Chirinos, D. T., & Meléndez-Ramírez, L. 2015. Efectividad de algunos insecticidas para el control de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate, *Solanum lycopersicum* L. Interciencia, 40(2):121–126.

Garcés Fiallos, F. R., Aguirre Calderón, Á. J., Díaz-Ocampo, E., Sánchez Mora, F. D., Prieto Benavides, O., & Garcés-Estrella, R. 2014. Enfermedades Y Componentes De Rendimiento En Dieciséis Genotipos De Fréjol En Quevedo, Ecuador. Ciencia y Tecnología, 6(2):31–39. https://doi.org/10.18779/cyt.v6i2.92

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2019. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

Khan, S., Uddin, M. N., Rizwan, M., Khan, W., Farooq, M., Shah, A. S., Subhan, F., Aziz, F., Rahman, K. U., Khan, A., Ali, S., & Muhammad. 2020. Mechanism of insecticide resistance in insects/pests. Polish Journal of Environmental Studies, 29(3):2023–2030. https://doi.org/10.15244/pjoes/108513

Kumar, V., Kakkar, G., Seal, D. R., McKenzie, C. L., & Osborne, L. S. 2017. Evaluation of Insecticides for Curative, Preventive, and Rotational Use on dorsalis South Asia 1 (Thysanoptera: Thripidae). Florida Entomologist, 100(3):634–646. https://doi.org/10.1653/024.100.0322

Lara-Obando, E. 2016. Efecto de tres insecticidas para el control del lorito verde (*Empoasca kraemeri*) en el cultivo de fréjol caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Martins, G. M., Toscano, L. C., Tomquelski, G. V., & Maruyama, W. I. 2008. Efficiency of insecticides in the control of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) on crop corn. Caatinga, 21(4):196–200. https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/425

Mejía, K. J. (2018). Efecto de bioplaguicidas sobre la incidencia de plagas y enfermedades foliares y componentes de rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Santa Rosa de Copán.

Revista Ciencia y Tecnología, 58–73. https://doi.org/10.5377/rct.v0i22.6439

Miranda-Cabrera, I., del Toro Benitez, M., Sánchez Castro, A., Ramírez González, S., Baños Díaz, H., Suris Campos, M., & Fernández Argudín, M. 2016. Coexistencia de *Empoasca* spp. (Cicadellidae: Typhlocybinae) y tisanópteros en *Phaseolus vulgaris* L. Revista de Protección Vegetal, 31(3):165–172.

Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. 2022. Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. Frontiers in Microbiology, 13:1–29. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619

Rajmohan, K. S., Chandrasekaran, R., & Varjani, S. 2020. A Review on Occurrence of Pesticides in Environment and Current Technologies for Their Remediation and Management. Indian Journal of Microbiology, 60(2):125–138. https://doi.org/10.1007/s12088-019-00841-x

Ramírez-Godoy, A., Puentes-Pérez, G., & Restrepo-Díaz, H. 2018. Evaluation of the efficacy of neonicotinoid and pyrethroid insecticides in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) populations in Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12(2):358–368. https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.8093

Ruiz, R. E. 2013. Identificación y fluctuación poblacional de *Empoasca* en variedades de *Phaseolus vulgaris* L . en Villa Clara , Cuba. 40(2):67–70.

Sudo, M., Takahashi, D., Andow, D. A., Suzuki, Y., & Yamanaka, T. 2018. Optimal management strategy of insecticide resistance under various insect life histories: Heterogeneous timing of selection and interpatch dispersal. Evolutionary Applications, 11(2):271–283. https://doi.org/10.1111/eva.12550

T. Chirinos, D., Castro, R., & Garcés, A. 2017. Efecto de insecticidas sobre *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) y sus parasitoides en frijol, *Phaseolus vulgaris*. Revista Colombiana de Entomología, 43(1):21–26. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882017000100021&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v43n1/0120-0488-rcen-43-01-00021.pdf

Tilmon, K. J., Hodgson, E. W., O'Neal, M. E., & Ragsdale, D. W. 2011. Biology of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) in the United States. Journal of Integrated Pest Management, 2(2):1–7. https://doi.org/10.1603/IPM10016

Toledo-Perdomo, C. E., & Sagastume-Mena, H. A. (2019). Comportamiento de poblaciones de trips (Insecta: Thysanoptera) asociados al ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en Guatemala. Revista Científica de FAREM-Estelí, 30:76–85. https://doi.org/10.5377/farem.v0i30.7890

Van Timmeren, S., Wise, J. C., Vandervoort, C., & Isaacs, R. 2011. Comparison of foliar and soil formulations of neonicotinoid insecticides for control of potato leafhopper, *Empoasca fabae* (Homoptera: Cicadellidae), in wine grapes. Pest Management Science, 67(5):560–567. https://doi.org/10.1002/ps.2097

Vivas, L. E., Astudillo, D., & Campos, L. (2009). Evaluación Del Insecticida Thiamethoxam 25% Para El Manejo Del Insecto Sogata En El Cultivo De Arroz En Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. Agronomia Tropical, 59(1):89–98.

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES GENOTIPOS DE A*pis mellifera* SOBRE LA INFESTACIÓN DE *Varroa destructor*

BEHAVIOR OF DIFFERENT GENOTYPES OF *Apis mellifera* ON INFESTATION OF *Varroa destructor*

Benjamín Gómez Ramos[1,2], Verónica Trujillo Pahua[1], Isaías de Jesús Díaz Maldonado[1,3], Javier Oviedo Boyso[2]

[1]Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Carretera Morelia Salamanca km 6.5, Col. Los Ángeles, C.P. 58100, Morelia, Michoacán.
[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo
[3]Facultad de Salud Pública y Enfermería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Email: benjamin.gr@vmorelia.tecnm.mx

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 11/02/2024

Aceptado: 04/06/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):40-47

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.467

Resumen

La apicultura es una actividad agropecuaria con aportaciones en el ámbito económico, social y ecológico en México. Las abejas *Apis mellifera* están propensas a sufrir parasitosis como el ácaro *Varroa destructor* que afectan la producción y desarrollo de las colonias. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los genotipos: *Cordovan*, *Carniola*, *Caucásica* e Híbrido africanizado sobre la infestación y control natural de la *Varroa*. Se evaluaron 20 colmenas, divididas en cuatro grupos de acuerdo a su genotipo. Se tomaron mediciones comparativas para determinar porcentajes de infestación y considerar los daños causados en las crías por regiones, los datos se analizaron con la metodología de modelos lineales generalizados. Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$) entre genotipos para el número promedio de varroa/colmena, en donde hubo una mayor sensibilidad a la infestación de los genotipos *Carniola* e Híbrido africanizado con respecto a *Cordovan* y *Caucásica.* Hubo diferencias ($p \leq 0,05$) entre genotipos sobre el porcentaje de daño ocasionado al ácaro. El genotipo *Cordovan*, tuvo un nivel de especialización en el ataque del ácaro; principalmente en la coraza y patas. El daño fue del 29% y se observó que estuvieron involucradas las patas del parásito, lo que no le permite permanecer sobre la abeja. Así mismo, este genotipo tuvo un comportamiento de mayor acicalamiento al momento de mutilar el parásito. Al dañar la coraza y patas se reduce la probabilidad de sobrevivencia.

Palabras clave: acicalamiento, apicultura, parásito, colmenas, inocuidad

Abstract

Beekeeping is an agricultural activity with contributions in the economic, social and ecological sphere in Mexico. *Apis mellifera* bees are prone to parasitosis such as the *Varroa destructor* mite that affect the production and development of colonies. The objective of this research was to determine the effect of the genotypes: *Cordovan, Carniola, Caucasian* and Africanized Hybrid on the infestation and natural control of *Varroa*. 20 hives were evaluated, divided into four groups according to their genotype. Comparative measurements were taken to determine percentages of infestation and consider the damage caused to the offspring by region. The data were analyzed with the generalized linear model methodology. Differences ($p \leq 0.05$) were observed between genotypes for the average number of varroa/hive, where there was a greater sensitivity to infestation of the *Carniola* and Africanized Hybrid genotypes with respect to *Cordovan* and *Caucasian*. There were differences ($p \leq 0.05$) between genotypes on the percentage of damage caused to the mite. The Cordovan genotype had a level of specialization in the mite attack; mainly in the armor and legs. The damage was 29% and it was observed that the parasite's legs were involved, which does not allow it to remain on the bee. Likewise, this genotype had greater grooming behavior when mutilating the parasite. Damaging the shell and legs reduces the probability of survival.

Keywords: grooming, beekeeping, parasite, hives, safety.

INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad pecuaria de importancia económica en México (Pérez *et al*., 2014; Domínguez *et al*., 2023; Reyna *et al*., 2024), cuenta con un inventario de 2,1 millones de colmenas, una producción anual de 57 mil toneladas de miel, exportado el 50%. Siendo el tercer país exportador del mundo, genera divisas por más de 25 millones de dólares anuales (SAGARPA, 2017; SIAP, 2012; Güemes *et al*., 2003; Domínguez *et al*.,2023). Esta actividad beneficia en forma directa e indirecta a más de 1200 000 personas, a través de la generación de empleos y del incremento en la producción agrícola, por acción de la polinización de las abejas (Contreras *et al*., 2013; Reyna *et al*., 2024).

Debido a la importancia de la apicultura en México, uno de los aspectos principales a considerar es la salud de los apiarios y la inocuidad de la miel, puesto que, las abejas melíferas están propensas a sufrir diversas parasitosis que afectan la producción y desarrollo de las colonias ya que ocasionan que haya una reducción en la producción de miel e incluso contaminación y pérdida total de la colonia (Martínez *et al*., 2011; Domínguez *el al*., 2023; Reyna *et al*., 2023). Entre los principales agentes patógenos que afectan a las abejas melíferas se encuentra el ácaro *Varroa destructor,* del orden parasitiformes y de la familia Varroidae perteneciente al suborden Mesostigmata familia Varradoidae, causante de la varroasis (Pérez *et al.,* 2014). Este ectoparásito se encuentra clasificado a nivel mundial como el principal problema sanitario de *Apis mellifera* y se le atribuyen pérdidas de cientos de colonias en un periodo de entre dos a cuatro años de haber iniciado la infestación del parásito (Martínez *et al*., 2011). La varroa cumple todo su ciclo biológico dentro de la colmena, parasitando a las abejas en sus estadios inmaduros o en la etapa adulta. La varroa hembra invade la celda de cría unas horas antes del operculado y coloca huevos que producen primero un macho y luego algunas hembras, lo que asegura que, al nacimiento de la abeja, también se liberarán varroas hembras fecundadas (Airahuacho *et al*., 2023)

El daño de la *Varroa destructor*, se manifiesta en reducción del tamaño de las colonias que infectan y la pérdida total de estas, debido a que las pupas parasitadas dan lugar a adultos deformes, reduciendo su peso y promedio de vida en 25% y 68% respectivamente (Pérez y Cervantes, 2001; Rosales, 2007; Araneda *et al*., 2010). De igual manera, esta parasitosis ocasiona un aumento en los gastos relacionados al manejo zoosanitario de producción, comercialización e investigación. Los tratamientos para controlar el parásito no han podido erradicar la diseminación de este ácaro y, a lo anterior el uso en la agricultura de pesticidas químicos ha ocasionado una merma en la calidad de la miel y su contaminación, por la presencia de residuos químicos (Arechavaleta y Guzmán, 2001) disminuyendo su inocuidad y con esto perdiendo mercados importantes.

Se ha desarrollado algunas alternativas que permiten enfrentar a la varroasis, entre ellas el mejoramiento genético, obteniendo líneas de abejas resistentes a los parásitos. Rinderer *et al*. (1993), trabajó en la creación de una línea resistente por selección divergente en *Apis mellifera carnica* pero solo tuvo éxito en el país de su creación (Yugoslavia), puesto que la línea mejorada no mostró resistencia cuando fue llevada a los Estados Unidos. Previo a estos trabajos ya se habían identificado mecanismos de defensa en abejas africanizadas, que les han permitido la supervivencia ante el ataque de este ácaro (De Jong *et al*., 1984). Utrera (1998) encontró que por selección es posible reducir el nivel de infestación de varroa en abejas euroafricanas procedentes de la cruza de abejas europeas (*Apis mellifera ligustica*) con africanizadas (*Apis mellifera scutellata*), debido a que las segundas son más tolerantes a varroa que las primeras. Esta información condujo a la selección y cruzamiento de *Apis mellifera ligustica* x *Apis mellifera scutellata* para reducir el nivel de infestación de varroa en las abejas, debido a que desarrolló mayor resistencia genética a la varroa la *Apis mellifera scutellata*.

Actualmente los programas de selección y mejora desarrollados por diversos investigadores se han basado en la conservación de razas locales, o de características que permiten luchar contra la varroasis, tal como el comportamiento higiénico, comportamiento de acicalamiento o "grooming" (Arechavaleta y Guzmán, 2001; Padilla y Flores, 2011). Dentro de la etiología de *Apis mellifera* se ha observado que, el acicalamiento de las abejas es detectar, morder, retirar y eliminar los ácaros en la etapa forética, ya sea sobre si misma (autogrooming) o sobre otras abejas (allgrooming) (Arechavaleta y Guzmán, 2001; Danka y Villa, 2005; Stanimirovic *et al*., 2005; Aranedad *et al*., 2010). Parte del allgrooming da inicio cuando las abejas no pueden quitarse los ácaros por sí mismas y, en consecuencia, estas ejecutan un baile para atraer a otras abejas para que la ayuden a remover el ácaro de su cuerpo (Araneda *et al*., 2010). Siendo en las abejas africanizadas, donde el acicalamiento juega el papel más importante en la eliminación de ácaros, incluso más que en las europeas. Moretto *et al*. (1993) midieron el índice de herencia para este comportamiento en abejas africanizadas el cual fue de 0,71; índice que sugiere la posibilidad del establecimiento de un programa de cría para la característica del acicalamiento (Moretto *et al., 1993).*

De acuerdo con los antecedentes, se puede esperar que, el comportamiento de acicalamiento o grooming sea un mecanismo de tolerancia hacia la varroa, por lo que entre los factores que pueden ayudar a disminuir y controlar la población de *Varroa destructor* en colonias de *Apis*

mellifera está el comportamiento de acicalamiento (Araneda *et al*., 2010), este comportamiento consiste en la capacidad de la abeja de detectar, morder y eliminar los parásitos en etapa forética. Esta etapa dura aproximadamente de 5 a 11 días hasta que se introducen en la celdilla ya sea de una larva de abeja o zángano. Sin embargo, en México no se encontraron estudios que demuestren que la expresión del acicalamiento de abejas europeas, africanizadas y sus híbridos funcione como mecanismo de defensa contra la varroasis. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de los genotipos: *Cordovan, Carniola, Caucásica* e Híbrido africanizado de *Apis mellifera,* sobre la infestación y control natural de la varroa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó de febrero a julio del año 2018 en la localidad de Umécuaro perteneciente a la tenencia de Santiago Undameo, estado de Michoacán ubicado a 19° 32′ 13″ N, 101° 15′ 00″ O, con clima templado de humedad media, con una temperatura media anual de 14º C a 18º C, y una máxima de 38º C con una precipitación media de 850 mm a 2200 mm.

Se evaluaron 20 colmenas tipo jumbo, divididas en 4 grupos de acuerdo a su genotipo, el grupo 1, línea *Cordovan* (n= 5 colonias), fundada a partir de la cruza de *Apis mellifera carnica* x *Apis mellifera causcasica*; grupo 2, línea *Carniola* (n=5 colonias), (*Apis mellifera causcásica*), grupo 3 línea caucásica (n=5 colonias), (*Apis mellifera causcásica*), y el grupo 4 (n=5 colonias), cuyo origen es un híbrido africanizado. En la región hay mucha experiencia en el cultivo de colonias de abejas, además la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia tiene expertos en el área que asesoran a los apicultores.

Para las colmenas se colocaron 6 reinas de cada genotipo, sin embargo, solo se utilizaron 5 reinas para la medición.

Valoración del grado de infestación y control natural de la Varroa

Los grupos se distribuyeron en cuatro filas a una distancia entre colmenas de 1,5 m y entre filas de colmenas a 3 m de distancia orientadas hacia el este. Una vez instaladas las colmenas, se introdujeron las abejas reinas para iniciar el proceso de adaptación y posteriormente se inició con la alimentación en seis intervalos de siete días. La alimentación fue en base a un litro de jarabe/colmena, preparado con un litro de agua en la cual se agregó un kilogramo de azúcar. Transcurridos tres períodos posteriores al inicio de la alimentación, se valoró en cada colmena el porcentaje de infestación a través del método propuesto por De Jong *et al*. 1982 y De Jong *et al*. 1984, el cual consiste en tomar de cada colmena, un cuadro de cría y barrer sobre un frasco con alcohol y agua (1:1) aproximadamente 200 abejas. Posteriormente, se realiza el recuento de abejas y ácaros y se expresa su relación en porcentaje. Así mismo, se suministró un acaricida compuesto de Flumetrina a una concentración de 0,6 g en presentación en tiras de plástico durante 24 días (Bacci, 2008). La manipulación de las varroas se efectuó a través de la utilización de pinzas entomológicas, las cuales se colocaron en forma ventral y dorsal en el microscopio para determinar y considerar los daños causados por las abejas en los cuatro cuadrantes y por regiones anatómicas, considerándola como una distribución binomial para la presencia o ausencia de daño (1,0) en las diferentes regiones anatómicas. Las mediciones de infestación se realizaron durante 10 semanas, cambiando las hojas de las charolas cada siete días. El papel utilizado se retiró y se colocó en bolsas de plástico transparentes de 40 x 60 cm, las cuales se pusieron en cajas de cartón para ser trasladadas al laboratorio de parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en dónde se observaron al microscopio cada uno de los ácaros de varroa con una visión de 40x, los cuales se colocaron sobre un portaobjetos de vidrio flotado sin pulir de 50 x 75 mm y un grosor de 0,7 mm.

Se tomaron mediciones comparativas de porcentajes de infestación cada tres semanas en las crías a través del método de conteo de panel y en abejas adultas se utilizó el método de De Jong *et al*., 1982, De Jong *et al*., 1984 y SAGARPA, 2006, para obtener el grado de infestación de la colmena en comparación al grado de acicalamiento de cada uno de los genotipos.

Los datos recabados se analizaron utilizando la metodología de los modelos lineales generalizados. (SAS, 2000). Del modelo de análisis se derivaron las medias de mínimos cuadrados para efectos bajo el siguiente modelo de efectos fijos (1).

$$y_{ijklm} = \mu + G_i + R_j + T_k + P_l + \varepsilon_{ijklm} \quad (1)$$

Dónde:
y_{ijklm}= número de ácaros, porcentaje de infestación, porcentaje de varroas muertas con daño
μ = constante que caracteriza a la población
G_i = efecto fijo de i-ésimo genotipo (i=1,2,3,4)
R_j = efecto fijo de la j-ésima región anatómica (j = 1, 2, …5)
T_k = efecto fijo de la k-ésimo nivel de infestación (k = 1 adulta, 2 crías)
P_l = efecto fijo de la l-ésimo periodo de infestación (l = 1, 2, 3)
ε_{ijkl} = efecto aleatorio asociado a cada observación.
Se asume que los errores de distribuyen con media cero y varianza común a todas las observaciones, esto es, ε_{ijklm} ~NID $(0, \sigma^2)$.

Sólo se presentan cuadros de resultados para efectos principales ya que las interacciones no fueron significativas (p≥0.05), debido a que no se obtuvo convergencia considerando una distribución de los errores binomial con funciones de conexión logísticas en los modelos lineales generalizados, se utilizó una distribución normal con función de conexión idéntica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas entre períodos para el nivel de infestación (p ≤ 0,05), (Cuadro 1), para abril y mayo se encontró una diferencia hasta de 49 especímenes de *Varroa* comparadas con marzo, periodo que presentó el más bajo nivel de infestación. Estas diferencias pueden ser debido al efecto que las temperaturas poseen sobre el continuo movimiento de la varroa ya que las temperaturas bajas disminuyen la posibilidad de caídas de varroas vivas y además disminuye las probabilidades de multiplicación del ácaro y consecuentemente de su población (Araneda *et al*., 2010). Currie y Tahamasbi (2008), también se ha encontrado una mayor mortalidad en las colonias cuando las temperaturas se vuelven más frías, con abejas que poseen un comportamiento de acicalamiento elevado. Por otro lado, Manrique y Soares (2004), mencionan que se debe considerar que la tasa de infestación se incrementa cuando aumenta la necesidad de néctar y la producción de propóleo.

Cuadro 1. Nivel de infestación de varroas en las colmenas durante el periodo de muestreo

Meses	ºC	Número de varroas		
		$\bar{y}$		$\sigma_{\bar{y}}$
Marzo	31,2	31^{a}	±	1,43
Abril	32,0	73^{b}	±	1,98
Mayo	32,3	86^{b}	±	3,23

a, b = medias marcadas con literales distintas son diferentes estadísticamente (p ≤ 0,05)

En cuanto a los genotipos, se observaron diferencias estadísticas (p≤ 0,05), entre colmenas y genotipos (Cuadro 2), estas diferencias entre colmenas pueden estar asociadas al proceso de deriva y a efectos genéticos. Tanto el genotipo Híbrido y *Carniola* presentaron mayor número de varroas con respecto a otros genotipos. De igual manera, Root (2002) observó diferencias entre genotipos sobre la infestación y resistencia de varroa, en abejas de la raza Caucásica fueron sensibles a la *nosemiasis*, enfermedad asociada a la presencia de la varroa; mientras que el genotipo Carniola fue más resistente a la parasitosis y por consecuencia a las enfermedades asociadas a infestaciones debidas a la varroa (Vandeme *et al*., 1994; Ledezma, 2000). De tal manera se ha establecido que las abejas africanizadas del género *Apis mellifera* tienen una resistencia natural hacia la infestación por varroa (Martin, 2005). Jiménez (2013), indicó que la deriva es uno de los principales vectores de contagio de la varroasis, junto con el material contaminado, trashumancia, pecoreo y pillaje, los cuales pueden diseminar hasta 70 varroas/día en una colmena. Esto se desarrolla cuando abejas con mala orientación entran equivocadamente a una colmena que no les corresponde. Este problema incrementa su impacto sobre la salud de la colmena, si tomamos en cuenta que la fertilidad de la varroa está íntimamente relacionada con su tamaño poblacional (80%).

Cuadro 2. Número de varroas recolectadas de acuerdo a cada genotipo

Genotipo	Número de		Estimador	
	Reinas	Colmenas	$\bar{y}$	$\sigma_{\bar{y}}$
Cordovan	4	4	$3{,}50^{a}$	± 0,26
Caucasica	6	6	$5{,}60^{a}$	± 0,32
Carniola	5	6	$10{,}00^{b}$	± 0,26
Híbrido	5	5	$8{,}70^{b}$	± 0,24

a, b=valores con literales distintas son diferentes estadísticamente (p ≤ 0,05)

Al igual se observaron diferencias (p ≤ 0,05) entre genotipos por el número promedio de varroas/colmena (Cuadro 3), en donde existió una mayor sensibilidad a la infestación por varroa por los genotipos *Carniola* e Híbrido con respecto a la *Cordovan* y *Caucasica* (1,04). Estos hallazgos no coinciden con lo observado por Casanova (2008), quien indicó que existe una mayor tolerancia hacia la infestación de varroa en abejas africanizadas, a diferencia de *Apis mellifera*, la cual presenta una mayor sensibilidad hacia la transmisión de varroas. Por su parte, Liebig (1997), ha considerado que la tolerancia se presenta cuando las colmenas son infestadas por la varroa, y las abejas sobreviven y mantienen su capacidad de producción sin aplicar ningún tipo de tratamiento. Esto aún se discute pudiendo ser debido a su acicalamiento natural y resistencia

Cuadro 3. Medias del Nivel de infestación de varroa de acuerdo al genotipo

Genotipo	Estimador		
	$\bar{y}$		$\sigma_{\bar{y}}$
Cordovan	$1{,}58^{a}$	±	0,32
Caucásica	$1{,}22^{a}$	±	0,26
Carniola	$2{,}20^{b}$	±	0,21
Híbrido	$2{,}68^{b}$	±	0,24

a, b = valores con literales distintas son diferentes estadísticamente (p≤0.05)

Se observaron diferencias (p ≤ 0,05), al evaluar el nivel de lesión en las varroas en el apiario, encontrando 221 varroas muertas en total, lo que representa el 88% de las varroas recolectadas. Con una diferencia del 21% entre el porcentaje de varroas muertas que presentaron daño y las que no (Cuadro 4). Por su parte Araneda *et al*. (2010), encontraron resultados parecidos recolectando el 95% de varroas muertas, de los cuales el 49% de ellos eran varroas dañadas. Correa-Márquez *et al*. (2002), obtuvieron el 39% de varroas muertas dañadas y el 21% de varroas vivas sin daño. Así mismo, Casanova (2008), estableció que dentro

de la especie *Apis mellifera* se genera hasta un 16% de muertes de varroa por acicalamiento, aspecto que se encuentra por debajo del 37% obtenido en el apiario.

Con respecto a las muertes de varroa sin daño, es decir varroas muertas las cuales no se encuentran asociadas a la característica del acicalamiento puede ser debida a la muerte natural de la varroa y esta se encuentra por encima de lo observado por Calatayud (2008) quien reportó que la muerte de varroas sin daño, puede ser del 1 al 3% diario, en presencia de la cría

Cuadro 4. Número de varroas y grado de lesión a través del comportamiento de acicalamiento

Nivel de lesión	Número de varroas	Grado de lesión (%)
Muertas con daño	86	37,0[a]
Muertas sin daño	135	58,0[b]
Vivas con daño	2	1,0[c]
Vivas sin daño	9	4,0[c]

medias marcadas con literales distintas son diferentes estadísticamente ($p \leq 0,05$)

Las partes más dañadas de la región anatómica de la varroa fueron la coraza y las patas (Cuadro 5), estos hallazgos coinciden con la intensidad de resistencia que presentan las abejas para eliminar los parásitos, ya que las varroas muestran diferentes lesiones ocurriendo principalmente en la coraza, en donde el daño se manifiesta por presentar el dorso hundido, lo que muestra la acción de las mandíbulas de la abeja, cuando el primer par de patas es dañado o eliminado (cuya función es de antenas), el ácaro queda privado de información del medio exterior y de la ventosa terminal de las patas, de tal manera que el parásito desciende de la abeja, ya que el afianzamiento en el huésped queda impedido. Estos hechos difieren a lo encontrado por Araneda *et al*. (2010), donde los daños más frecuentes fueron en las extremidades (37,1%) a comparación del dorso (11,2%), al igual que en el número de ácaros dañados en su totalidad que fue de 0,7%, mientras que en esta investigación fue del 14,29%.

Por su parte, Mondragón *et al*. (2005), observaron el 15,1% de ácaros mutilados y en donde las lesiones más frecuentes fueron en el primer par de patas. Stanimirović *et al*. (2005), dividieron los daños ocasionados al ácaro en seis categorías: 1) daño a las patas – con pérdida de una o más patas o partes de las patas; 2) daño a la placa + daño a las patas; 3) hundimiento en la placa dorsal + daño en las patas; 4) depresión o hundimiento en la placa dorsal; 5) Coraza o vaciado de la placa dorsal – ácaros con falta de patas y casi toda la placa ventral; 6) Daño en la placa – pérdida de algunas placas ventrales y/o rompimiento de la placa dorsal con: 52,7; 21,7; 16,6; 4,4; 3,1 y 1.5% respectivamente.

Cuadro 5. Daño a varroa de acuerdo a la región anatómica a través del acicalamiento

Región Anatómica	Daño (%)
Patas	19,05
Coraza	23,81
Coraza y Patas	14,29
Patas y Placa	3,57
Patas y Quiasma	20,24
Coraza-Quiasma-Patas	1,19
Coraza-Patas-Placa	2,38
Coraza-Patas-Placa genital	1,19
Todas las partes	14,29

Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$) entre genotipos (Cuadro 6) con respecto al porcentaje de daño ocasionado a la varroa. De tal manera que las abejas de línea *Cordovan,* tuvieron un nivel de especialización en el ataque de la varroa; principalmente en la coraza y patas.

Cuadro 6. Daño a *Varroa destructor* (%) de acuerdo a la región anatómica a través del acicalamiento por genotipo

Región Anatómica	Genotipos				Sumatoria
	Cordovan	*Caucásica*	*Carniola*	Híbrida	
Patas	-	13	18	32	63
Coraza	13	35	25	16	89
Coraza y Patas	50	-	7	24	81
Patas y Placa	13	9	-	-	22
Patas y Quiasma	25	17	29	12	83
Coraza-Quiasma-Patas	-	-	-	4	4
Coraza-Patas-Placa	-	-	4	4	8
Coraza-Patas-Placa Genital	-	4	-	-	4
Todas las partes	-	22	18	-	40

En lo general se ocasiono un 29% de daño en donde estuvieron involucradas las patas de este parásito, lo que no le permite permanecer sobre la abeja. Alcalá *et al*. (2009), estimaron los efectos genéticos para el comportamiento del acicalamiento, en donde utilizaron tres fenotipos divergentes bajo un modelo dialélico en se incluyeron colonias de alto (AA) y bajo (BB) nivel de acicalamiento y sus cruzas recíprocas en donde evaluaron

a través de las lesiones ocasionadas por las obreras al ácaro. De tal manera, determinaron el porcentaje de lesiones en el ácaro en cualquier parte del cuerpo (ALC), en patas (ALP) e idiosoma (ALI). En donde observaron diferencias ($p \leq 0,05$) entre grupos, siendo el AA el que provocó el mayor porcentaje de lesiones en los ácaros. Mientras que los grupos BA y BB tuvieron un porcentaje menor de ácaros lesionados. Sin embargo, los autores no indican la magnitud de las lesiones. Por otro lado, concluyen que el comportamiento de acicalamiento en las abejas obreras a través de las lesiones que ocasionan las obreras al ácaro *Varrroa destructor*, medido a través del ALC, ALP y ALI se debe principalmente a efectos genéticos aditivos. Araneda *et al*. (2010), Mencionan que una correcta cuantificación del comportamiento del acicalamiento en las abejas permitiría seleccionar colonias que puedan ser útiles para establecer programas de mejoramiento genético y diseñar estrategias de manejo integrado del ácaro *Varroa destructor*. Arechavaleta *et al*. (2011), indicaron que el comportamiento del acicalamiento es uno de los mecanismos más importantes que poseen las colonias de abejas para controlar el crecimiento poblacional del ácaro *Varroa destructor*.

CONCLUSIONES

Las abejas del genotipo *Cordovan*, presentaron un mayor comportamiento de acicalamiento ya que mostraron una mayor especialización al momento de mutilar una parte del cuerpo de las varroas. Ya que al dañar la coraza y patas del parásito no le permitía la permanencia y por tanto su sobrevivencia en la colonia. Las otras colonias mostraron al igual que el genotipo *Cordovan* esta conducta higiénica y de acicalamiento, pero no tuvieron la efectividad específica para ser capaces de reconocer la mayor cantidad de daños en las pupas infestadas. Las abejas del genotipo *Cordovan* cuentan con la suficiente capacidad de realizar prácticas higiénicas y de acicalamiento que garantizan la vida de la colonia, es importante mencionar que este genotipo podría ser la base para disminuir los índices de infestación por varroasis.

LITERATURA CITADA

Alcalá, E.K.I., Arechavaleta, V.M.E. y Robles, R.C.A. 2009. Efectos genéticos para el comportamiento de acicalamiento de las abejas evaluando por medio de las lesiones que ocasionan las obreras al ácaro *Varroa destructor A*. XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Santillo, Coahuila. P 126.

Araneda, D.X., Bernales, M.M., Solano, S.J. y Mansillas, V.K.2010. Comportamiento de acicalamiento de abejas (*Hymenoptera: Apidae*) sobre varroa (Mesostigmata:Varroidea). Revista Colombiana de Entomologia. 36(2) 232-234.

Arechavaleta, V.M.E y Guzmán, N.E. 2001. Relative effect of four charracteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Apidologie. 32:157-174.

Arechavaleta, V.M.E., Hunt, G.J.; Alcalá, E.K.I., Robles, R.C.A., Tsuruda, J. 2011. Loci de rasgos cuantitativos (QTL) que influyen en la expresión del comportamiento de acicalamiento de las abejas melíferas. XLVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. León, Guanajuato. P 142.

Airahuacho Bautista, Félix, Jiménez Torres, Verónica, Rubina Airahuacho, Santos, & Velásquez Vergara, Carlomagno. (2023). Evaluación de productos alternativos naturales en el control de la Varroa destructor en abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *34*(3), e23741. Epub 29 de junio de 2023.https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v34i3.23741

Bacci, M. 2008. Tratamiento y productos para el control de Varroa. Obtenido de Sociedad Argentina de Apicultores(SADA):http://www.sada.org.ar/Artículos /Técnicos/tratamientos y productos.htm [consulta: mayo 2024]

Calatayud, B.F. 2008. La varroasis de las abejas: nuevos conocimientos y su aplicación práctica. [en línea]. Córdova Argentina. http://. Culturaapicola.com.ar/apuntes/sanidad/varroa/varroasis.pdf. [consulta 20 febrero, 2008].

Casanova O. 2008. Daños causados a *Varroa jacobsoni* (*Acari dermacidae*) por comportamiento Groming de abejas africanizadas (*himenoptera: Apidae*). pp.12-19

Contreras, E.F., Pérez, A.B., Echazarreta, M.C., Cavazos, A.J., Macías, M.J.O., Tapia, G.J.M. 2013. Características y situación actual de la apicultura en las regiones sur y sureste de Jalisco, México. Revista mexicana de Ciencias Pecuarias. 4(3): 387-398.

Correa-Márquez, M. De Long, D., Rosenkranz, P. Goncalvez, L.2002. *Varroa*-tolerance italian honey bees introduce from Brazil were not more efficient in defending them-selves against the mite *Varroa destructor* tan Carniola bees in Germany. Genetics and Molecular Research. 1(2):156-158.

Currie, R.W y Tahmasbi, G.H.2008. The ability of high and low grooming lines of honey bees to remove the parasitic mite *Varroa destructor* is affected by enviroment conditions. Canadian Journal of Zoology. 86(9):1059-1067.

Danka, R y Villa, J.2005. An association in honey bees between autogrooming and the presence of migrating tracheal mites. Apidologie. 36:331-333.

De Jong, D., P. De Jong & L. Gonçalves. 1982. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with Varroa jacobsoni. J. Apic. Res., 21: 165-167.

De Jong, D., J. Steiner, L. S. Goncalves, and R. A. Morse. 1984. Brasilian varroa research rates current treatments too expensive. American Bee Journal 124 (2): 111-112.

Güemes, R.F., Echazarreta, G.C., Villanueva, Pat x.G.R y Gomez, A.R. 2003. La apicultura en la peninsula de Yucatan. Actividad de subsistencia en un entorno globalizado, RMC, 16: 117-132.

Guzman, N.E y Arechavaleta, C.M. 1998. Producción de abejas resistentes a Varroasis. 5to Congreso Internacional de Actualización Apícola. Guadalajara, Jalisco. México. Pp 49-53.

Jiménez, A.J.A. 2013. Deriva de las abejas *Apis mellifera* en colmenas colocadas en línea. Tesis de Agroecología de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna. Pp 16

Ledezma, W.R.J. 2000. Acicalamiento comparativo en abejas europeas y africanizadas a consecuencia de infestación artificial con *Varroa jacobsoni*. XIV Seminario Americano de Apicultura. Tampico, Tamaulipas. México. Pp. 91-93.

Liebig, G. 1997. La observación del desarrollo de las colonias como fundamento para la selección de docilidad, rendimiento de miel, baja tendencia a enjambrazón y resistencia a varroa. 4º Congreso Internacional de Actualización Apícola. Morelia, México. pp. 108-109.

Manrique, A. y Soares, A.2004. Relación entre la producción de propóleos y la tasa de infestación de varroas (*Varroa destructor*) en abejas africanizadas (*Apis mellifera*) en Brasil. Zootecnia Tropical. 22(3):289-298.

Martin, J.S. 2005. Resistencia del ácaro varroa a los pesticidas ¿un problema para la apicultura mexicana? XII Congreso nacional de actualización Apícola. Tepic. Nayarit, México. Pp 59-61.

Domínguez, R. Á, Lemus, F. C, Salgado, M. S, Dzib-Cauich, D, Chi-Maas, D, Loeza, C. H. 2023. Variación de la prevalencia de Varroa, *Nosema y Acarapis* en dos regiones del estado de Campeche, México. 13:1-12. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2023.8

Martínez, P.J.F., Medina, M.L.A., Catzin, V.G.A. 2011. Frecuencia de Varroa destructor, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. Rev Mex Cienci Pecu. 2(1):25-38.

Mondragón, L., Spivak, M., Vandame, R.2005. A multi-factorial study of the resistence of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in México. Apidologie. 36:345-358.

Moretto, G., Goncalves, L.S., De Jong, D. 1993. Heredability of africanized and european honey bee defensive behavior against the mite Varroa jacobsoni. Braz J. Gen. 16:71-77.

Padilla, F y Flores, J. M. 2011. Selección de colonias de *Apis mellifera iberiensis* tolerantes a *Varroa destructor*. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal. 1: 449-452

Pérez, M.N., Utrera, Q. F., Carreón, L.L., Otero, C.G., Ramírez, V.P., Castillo, G.F., Molina, G.J.D. 2014. Comportamiento higiénico para *Varroa destructor*, tamaño de la colmena y producción de miel en una población de abejas. 21 congreso internacional de actualización apícola. 42-47.

Pérez, S.J.A., Cervantes, S.T. 2001. Selección para tolerancia a *Varroa Jacobsoni Oud*. En una población de abejas euroafricanas. Agrociencia 35:413-421.

Reyna Fuentes, J., Zapata Campos, C., Merino Charrez, J., López Aguirre, D., & Ascasio Valdéz, J. 2024. secondary compounds of plants and their effect against the varroa destructor mite. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 27*(1). doi:http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4527

Rinderer, T. E, L. I. Guzmán, J. M. Kulincevic, G. T. Delatte, L. D. Beaman, and S. M. Buco. 1993. The breeding importing, testing and general characteristics of Yugoslavia honeybees bred for resistance to *Varroa jacobsoni.* American Bee Journal 133: 197-200.

Root, A.I.2002. Abc y xyz de Apicultura. Agt editor. Pp 35-44 y 602 -605.

Rosales, C.V.M.2007. Comportamiento higiénico en abejas melíferas (*Apis mellifera*) en zacatecas. XI Jornada Investigación de Revista de investigación científica nueva Época. 3(2) especial. s/p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2006. Manual de patología apícola. [En línea]. Coordinación general de ganadería. Programa nacional para el control de la abeja africana. http://volensamerica.org/IMG/pdf/manualpatologiaapicola.pdf [consulta: Mayo 2024]

SAGARPA (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2017. La miel en México y el mundo. México es el séptimo productor mundial de miel. Recuperado en línea en agosto del 2018. https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/la-miel-en-mexico-y-el-mundo?idiom=es [consulta: mayo 2024]

SAS/STAT.2000. Introduction to Analysis of Variance Procedures. In Chapter 2. User's Guide Version 9.1.Statistical Analysis System (SAS) Institute in Company. Cary electronic version available on CD.115-125

SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2012. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. http://www.siap.sagarpa.gob.mx (consultada: febrero de 2012).

Stanimirović, Z., Stevanović, J and Ćirković, D. 2005. Behavioural defenses of the honey ecotype from Sjenica-Pester against *Varroa destructor*. Acta Veterinaria (Beograd). 55(1):62-82.

Utrera, Q.F.1998. Análisis de la transmisión a la descendencia de la tolerancia a *Varroa jacobsoni O*. de una población de abejas. Tesis de Maestría del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo de México. p 60.

Vandame, R, G. Otero-Colina y M.E. Colin. 1994. Dinámica comparativa de las poblaciones de *Varroa jacobsoni* en colmenas de abejas europeas y africanizadas en Córdoba, Veracruz. Avances de Investigación Instituto de Fitosanidad, 8-10.

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

BIOFERTILIZANTES FOLIARES EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD *in vitro* DEL PASTO *Megathyrsus maximus*

FOLIAR BIOFERTILIZERS IN THE AGRONOMIC PERFORMANCE, CHEMICAL COMPOSITION, AND *in vitro* DEGRADABILITY OF *Megathyrsus maximus* PASTURE

Denisse Arana-Sánchez[1], Juan Avellaneda-Cevallos[1,2], Carlos Molina-Hidrovo[2], Diego Mendoza-Zambrano[3], Juan Avellaneda-Vázquez[1]

[1]Programa de Ganadería y Pastos, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), km 5 vía Quevedo-El Empalme. Mocache-Los Ríos Ecuador
[2]Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, "La María" km 7 vía Quevedo-El Empalme. Mocache-Los Ríos Ecuador
[3]AgroDiMeZa, vía Santo Domingo, El Carmen-Ecuador

Email: javellaneda@uteq.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 29/03/2024

Aceptado: 30/06/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):48-53

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.497

Resumen

Esta investigación se realizó en el programa de Ganadería y Pastos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP y en el laboratorio de Rumiología de la UTEQ. Se evaluó la aplicación de biofertilizantes foliares sobre el comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad ruminal *in vitro* del pasto Saboya. Se empleó la técnica de digestibilidad *in vitro* de Tilley y Terry, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados indican que la biofertilización foliar no tuvo efectos significativos (p>0,05) en la composición química, excepto en el contenido de fibra detergente ácido (FDA). La biofertilización tampoco mostró efectos claros y concluyentes sobre la degradación ruminal *in vitro* de la materia seca, ya que las variables evaluadas fueron similares entre tratamientos (p>0,05), mientras que la tasa de degradabilidad (kd) y degradabilidad efectiva (DE) presentaron diferencias (p<0,05).

Palabras clave: Biofertlización foliar, degradabilidad, fracciones de fibra

Abstract

This research was conducted in the Livestock and Pasture Program of the Pichilingue Tropical Experimental Station of INIAP and in the Rumiology Laboratory at UTEQ. The study evaluated the application of foliar biofertilizers on the agronomic performance, chemical composition, and in vitro ruminal degradability of Saboya grass. The Tilley and Terry *in vitro* digestibility technique was employed, with four treatments and four replications. The results indicate that foliar biofertilization did not have significant effects (P>0.05) on the chemical composition, except for the acid detergent fiber (ADF) content. Foliar biofertilization also did not show clear and conclusive effects on the *in vitro* ruminal degradation of dry matter, as the evaluated variables were similar between treatments (P<0.05), while the degradation rate (kd) and effective degradability (ED) showed differences (P>0.05).

Keywords: Foliar biofertilization, degradability, fiber fractions.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en el Ecuador depende del pastoreo, los pastos a más de constituir el alimento más barato disponible para la alimentación del ganado, ofrecen todos los nutrientes necesarios para un buen desempeño animal, por lo tanto, todo lo que se pueda hacer por mejorar la tecnología de producción de pastos redundará en forma directa en la producción de carne, leche o lana (León *et al.,* 2018).

Los forrajes representan la fuente más económica para la alimentación de los rumiantes, principalmente en el trópico donde hay grandes extensiones de tierra

dedicadas a la explotación ganadera. En casi todos los países tropicales la expansión de la frontera agrícola llegó a su límite, y el crecimiento actual de la actividad agropecuaria depende en alto grado de la intensificación y tecnificación de la producción (Avellaneda *et al.* 2007).

El uso eficiente de los recursos naturales en la ganadería se debe enfocar en tres áreas: prácticas de eficiencia, manejo de pastizales y manejo del estiércol. Una estrategia de manejo en pasturas es el uso de los fertilizantes para potencializar su producción, y en ella se deben implementar prácticas de eficiencia (Gerber *et al.,* 2013).

La fertilización foliar implica la aplicación de nutrientes directamente a través de las hojas de las plantas, en pastos tropicales, donde el suelo puede ser deficiente en ciertos nutrientes, esta técnica proporciona una vía eficiente para que las plantas absorban elementos esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes (Pérez, 2017).

Según García (2017), a nivel mundial, del 30 a 50 % del rendimiento de los cultivos se atribuye a los nutrientes provistos por fertilizantes, siendo el nitrógeno (N) el más utilizado, seguido del fósforo (P) y el potasio (K). El N es el elemento que más limita los rendimientos en cualquier sistema productivo, y se hace más importante su consideración, cuanto más intensiva se vuelva la producción (Alesandri y Alesandri, 2009, citado por Benalcázar-Carranza *et al.,* 2021).

Los aportes de N a los cultivos se deben realizar buscando una producción sostenible, económica y ambiental. El N es el elemento que más limita los rendimientos en cualquier sistema productivo, y se hace más importante su consideración, cuanto más intensiva se vuelva la producción (Benalcázar-Carranza *et al.,* 2021). Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad de la materia seca del pasto Saboya biofertilizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en dos fases, la de campo en el Programa de Ganadería y Pastos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), y la de laboratorio en el área de Rumiología y Metabolismo Nutricional de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en la Finca Experimental "La María" ubicada en el Km 7 vía Quevedo-El Empalme, entrada al cantón Mocache, en las coordenadas geográficas 79° 27´ de longitud Oeste y 01º 06´ de latitud Sura 73 msnm. Según el sistema de clasificación de las zonas de vida de Holdridge, la localidad de Quevedo se encuentra dentro de la zona ecológica Bh-T.

Comportamiento agronómico: La biomasa seca (kg ha^{1}), relación hoja/tallo, altura de la planta (cm), diámetro del tallo, promedio de hoja por macollo (número), número de macollo (tallos) por planta y número promedio de hojas por planta.

Composición bromatológica: La materia seca (MS) y ceniza, se determinaron según la Asociación of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). La proteína cruda (PC) se determinó como %N x 6.25, según Kjeldahl, descrita por la (AOAC, 2007). La fibra detergente neutro y fibra detergente ácida (FDN y FDA) se analizaron con base en la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991) y de acuerdo con las modificaciones para el uso de bolsas filtrantes (F-57 ANKOM® Technology) y a los procedimientos para el uso del analizador semiautomático de fibras (ANKOM® Fiber Analyzer A200, ANKOM Technology), señaladas en los métodos 5 y 6 para FDN y FDA, respectivamente, descritos por (ANKOM Technology, 2010).

Digestibilidad *in vitro:* La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), se determinó utilizando la técnica de Tilley y Terry (1963), mezclando la saliva de Menke y Steingass (1988) que involucró ocho periodos de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h con microorganismos del rumen en un medio buffer. Se siguió el protocolo recomendado por el fabricante para el incubador DaisyII® (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA 2010), con, bolsas FN° 57, tamaño de poro de 25 micras.

Tratamientos y diseño experimental: El experimento estuvo conformado por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluó un testigo sin fertilización, y tres fuentes nitrogenadas: Nitragua (Fuente nitrogenada *Azolla filiculoides* Lam.), MAXFUN (Extracto de jengibre *Zingiber officinale* Roscoe 15% y aditivos 85%, conformado por, Ácidos fúlvicos 5,24%, Aminoácidos 0,99%, MO 3,89%) y ADMF (Acción Desestresante de Máximo Funcionamiento, constituido por ácido fúlvico total 4,51 %, Aminoácidos 0,72 %, Cloruros 2,28 %, MO 3,16%). Para su análisis, tanto para el estudio de comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad ruminal *in vitro*, se empleó un Diseño Completamente al Azar. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante PROC GLM del SAS (SAS, 2011) y se utilizó la prueba de Tukey ($p<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento agronómico: Los biofertilizantes foliares pueden tener un impacto significativo en el comportamiento agronómico de gramíneas y leguminosas, al provocar mejoras en la absorción de

nutrientes, estimular el crecimiento y desarrollo, aumentar la resistencia a enfermedades y estrés, y mejorar la calidad nutricional. Estos posibles efectos subrayan la importancia de considerar los biofertilizantes foliares como una herramienta clave en la agricultura sostenible y en la producción ganadera, no solo para aumentar la productividad, sino también para preservar el equilibrio ecológico de los ecosistemas agrícolas. Cabe indicar que, en la presente investigación en ninguna de las variables en estudio (Cuadro 1) se pudo evidenciar (p>0,05) efectos positivos de los tratamientos (T1: Nitragua; T2: Maxfum; T3: ADMF) cuando se los compararon con el testigo (T0: sin aplicación).

Cuadro 1. Biofertilización foliar sobre el comportamiento agronómico del pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*)

Variable	Tratamientos (Fuente de biofertiliozantes)				EEM	p<
	T0	T1	T2	T3		
Biomasa seca (kfng ha[1])	887,06	1032,79	1148,05	924,15	127,04	0,4897
Relación hoja/tallo	1,29	1,52	1,65	1,52	0,24	0,7648
Altura de la planta (cm)	132,85	126,50	126,55	129,55	8,88	0,9494
Diámetro del tallo	6,15	5,34	5,69	5,95	0,35	0,4297
Promedio de hoja por macollo (número)	4,80	4,35	4,50	4,70	0,16	0,2444
Número de macollo (tallos) por planta	20,05	19,20	18,15	15,25	2,30	0,5045
Número promedio de hojas por planta	96,40	81,45	82,05	71,05	12,76	0,5886

T0: Testigo; **T1:** Nitragua; **T2:** Maxfum; **T3:** ADMF, p: probabilidad

Los resultados anteriores, no coinciden con los encontrados por Alvarado (2020), quién observó un desarrollo vegetativo del pasto progresivo en función del aumento en la dosis de fertilizantes, encontrándose rendimientos de 2106,3 y 2748,0 Kg/ha/corte entre el testigo y el tratamiento con mayor dosis de fertilización, lo que demuestra que la suplementación de las deficiencias de nutrientes del suelo con fertilización edáfica o foliar se obtienen excelentes resultados de las especies o variedades de pastos en la región. En el mismo sentido, Erazo (2014), quién realizo una investigación evaluando el comportamiento agronómico y valor nutricional del pasto Tanzania (*Panicum maximum*) con abonos orgánicos (residuo de mataderos y vermicompost), encontró que las parcelas experimentales a las que se les aplicó residuo de mataderos obtuvieron mayores resultados en altura de planta y peso de forraje a los 75 días, con 161,07 cm y 465,12 g; de la misma forma en las variables peso de hoja y tallo con 263,17 y 153,80 g respectivamente.

En el caso de Díaz (2015), quien midió el efecto de cuatro fertilizantes foliares inorgánicos sobre las características agronómicas y rendimiento del pasto *Panicum maximum* cultivar Tanzania, también encontró efectos positivos de la fertilización foliar, en lo que respecta altura de planta, porcentaje de cobertura de los tratamientos y materia seca, concluyendo que la aplicación de la mayor dosis de nitrógeno, influye directamente en la producción de follaje en el *Panicum maximum* cultivar Tanzania.

Composición química: La implementación de prácticas agrícolas sostenibles se ha vuelto esencial para garantizar la seguridad alimentaria y preservar los recursos naturales. En este contexto, se menciona que los biofertilizantes foliares han surgido como una opción respetuosa con el medio ambiente para mejorar la producción y calidad de los cultivos, y en el caso específico del pasto Saboya, que es un componente crucial en la industria ganadera por su alta representación en las áreas cultivadas, la aplicación de biofertilizantes foliares tiene un impacto significativo. Este enfoque sostenible no solo beneficia a los agricultores, ya que puede provocar un aumento de la productividad y calidad del forraje, sino que también contribuye a una ganadería más saludable y sostenible. La aplicación adecuada de estos biofertilizantes no solo impacta positivamente en el pasto Saboya, además tiene un efecto cascada en toda la cadena alimentaria, promoviendo así un sistema agrícola más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

En este aspecto, y basándose en los resultados presentados en el cuadro 2, se puede evidenciar que no existió efectos significativos de la biofertilización foliar sobre las variables de composición química bromatológica del pasto Saboya, excepto para el contenido de proteína cruda (PC) y fibra detergente ácido (FDA) (p<0,05). En el caso de la FDA, se observó una similitud entre las fuentes de biofertilización foliar, y en su conjunto, estas presentaron diferencias estadísticas cuando se compararon con el testigo, el cual demostró el mayor contenido de esta fracción. Es importante decir que, los pastos tropicales desempeñan un papel vital en la industria ganadera y agrícola en las regiones ecuatoriales del mundo (Pérez y Toranzos, 2004), sin embargo, la calidad de estos pastos está influenciada por varios factores, siendo el contenido de FDA uno de los más significativos (Gaviria *et al.,* 2015).

Cuadro 2. Biofertilización foliar sobre la composición química bromatológica del pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*)

Variable (%)	Tratamientos (Fuente de biofertiliozantes)										EEM	p<
	T0		T1		T2		T3					
MS	16,34	a	17,42	a	16,63	a	16,27	a			0,84	0,7582
MO	85,64	a	85,25	a	85,12	a	84,96	a			0,45	0,7391
C	14,36	a	14,76	a	14,89	a	15,05	a			0,45	0,7391
PC	8,83	b	9,13	a	9,09	a	9,11	a			0,06	0,0085
FDN	65,87	a	64,59	a	65,66	a	64,94	a			0,41	0,1488
FDA	45,15	a	42,56	b	42,59	b	42,49	b			0,34	0,0003

a,b,c Promedios en la misma fila con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (p>0.05)
T0: Testigo; **T1:** Nitragua; **T2:** Maxfum; **T3:** ADMF
MS: Materia Seca; **MO:** Materia Orgánica; **C:** Cenizas; **PC:** Proteína Cruda; **FDN:** Fibra Detergente Neutra; **FDA:** Fibra Detergente Ácida.

Por lo anterior, cabe indicar que el encontrar un contenido menor de FDA en el pasto Saboya biofertilizado, es una respuesta positiva cuando se habla en términos nutricionales, ya que el aumento del contenido de FDA en los pastos tropicales reduce su digestibilidad. La lignina, uno de los componentes de la FDA, es indigerible para muchos animales, lo que dificulta su capacidad para descomponer y absorber los nutrientes presentes en los pastos; esto lleva a una disminución en la eficiencia de la conversión de alimentos y, por ende, en la producción ganadera (Almaraz *et al.,* 2019).

Degradabilidad ruminal *in vitro:* En la presente investigación, los resultados experimentales no demostraron efectos claros y concluyentes de la biofertilización foliar sobre las variables de degradación ruminal *in vitro* de la materia seca, según los datos del cuadro 3 a partir de las 6 h de incubación se observan diferencias significativas en la degradación, lo cual coincide con los contenidos más altos de PC y menores de FDA (Cuadro 3), ya que la fracción soluble (a); fracción insoluble pero potencialmente degradable (b); fracción indegradable (c); degradabilidad potencial (DP), fueron similares entre tratamientos (p>0,05), mientras que en términos generales la tasa de degradabilidad (kd) y degradabilidad efectiva (DE) presentaron diferencias (p<0,05), aunque cuando, se analizó la similitudes entre los tratamientos, el testigo (T0) presentó igualdad de respuesta con Nitragua (T1), y estos diferencias con el T2 y T3, cuando se analizaron las variables al 5 y al 8% de degradabilidad efectiva (DE); estos datos fueron contrarios a los reportados por Avellaneda *et al.* (2022), quienes reportaron que la fertilización provocó cambios en la biodisponibilidad ruminal (degradación) de Ca, P y Mg del pasto *Pennisetum purpureum* en las diferentes horas de incubación, acción que en la mayoría de los casos afectó la cinética de degradación del pasto en sus diferentes fracciones (Fracción soluble (A), Fracción insoluble pero potencialmente degradable (B), Fracción indegradable (c). Potencial de degradación ruminal (A+B).

Cuadro 3. Biofertilización foliar sobre la degradabilidad ruminal *in vitro de la materia seca* (%) del pasto Saboya (*Megarthyrsus maximus*)

Tiempos de incubación (h)	Tratamientos (Fuente de biofertiliozantes)										EEM	p<
	T0		T1		T2		T3					
0	17,55	a	16,44	a	17,48	a	16,44	a			0,31	0,0550
3	21,22	a	21,05	a	21,83	a	21,44	a			0,26	0,2156
6	24,57	b	24,99	ab	25,72	a	25,50	ab			0,26	0,0375
12	30,38	b	31,76	a	32,31	a	32,60	a			0,32	0,0018
24	39,22	b	41,73	a	41,80	a	42,52	a			0,42	0,0005
48	49,52	b	52,69	a	51,80	a	52,38	a			0,43	0,0009
72	54,42	b	57,50	a	55,93	ab	56,12	ab			0,49	0,0065
96	56,77	b	59,61	a	57,65	ab	57,55	ab			0,55	0,0201
Parámetros de degradabilidad (%)												
A	17,55	a	16,44	a	17,48	a	16,44	a			0,31	0,0550
B	41,37	a	41,37	a	41,39	a	42,00	a			0,72	0,9038
C	41,08	a	41,08	a	41,06	a	41,56	a			0,70	0,9446
DP	58,92	a	52,92	a	58,94	a	58,44	a			0,70	0,9446
Kd	0,03	b	0,03	b	0,04	a	0,04	a			0,3	0,0008
DE 2%	42,66	b	42,66	b	44,39	ab	44,53	a			0,42	0,0094
DE 5%	33,36	b	33,36	b	35,13	a	35,22	a			0,32	0,0011
DE 8%	29,09	b	29,09	b	30,63	a	30,54	a			0,27	0,0013

a, b, c, Promedios en la misma fila con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (p>0.05)
T0: Testigo; **T1:** Nitragua; **T2:** Maxfum; **T3:** ADMF

A: Fracción soluble; **B:** Fracción insoluble pero potencialmente degradable; **C:** Fracción indegradable; **DP:** Degradabilidad potencial; **kd:** Tasa de degradabilidad; **DE:** Degradabilidad efectiva.

La fertilización foliar ha surgido como una técnica eficaz para mejorar la calidad y productividad de los cultivos. En el contexto de los pastos tropicales, que son vitales para la industria ganadera y agrícola en las regiones ecuatoriales del mundo, el entender el impacto de la fertilización foliar es esencial, ya que el analizar cómo esta técnica puede influir en su disponibilidad de los nutrientes a nivel ruminal, permite conocer su impacto en la sostenibilidad de la producción agrícola y ganadera.

Una absorción óptima de estos nutrientes es fundamental para el crecimiento saludable de los pastos. La fertilización foliar puede aumentar significativamente la productividad de los pastos tropicales. Al proporcionar nutrientes de manera directa y rápida, los pastos pueden crecer más rápidamente y producir más biomasa disponible y digestible. Además, este proceso puede mejorar la calidad del forraje al aumentar el contenido de proteínas y otros nutrientes esenciales, lo que es beneficioso tanto para el ganado como para otros animales que dependen de estos pastizales, ya que en el medio ruminal el adecuado contenido de nitrógeno mejora el desempeño microbiano (Cazzulli, 2010).

La fertilización foliar en pastos tropicales tiene un impacto positivo en la absorción de nutrientes, la productividad del forraje, la resistencia al estrés y la sostenibilidad agrícola. Al adoptar prácticas de fertilización foliar efectivas y sostenibles, los agricultores pueden mejorar significativamente la producción de pastos tropicales, asegurando un suministro constante de forraje de alta calidad (digestible) para el ganado y, al mismo tiempo, contribuir a la conservación del medio ambiente al existir menores cantidad de nutriente excretados en las heces.

CONCLUSIONES

No se evidenció efectos positivos significativos de los tratamientos sobre las variables de comportamiento agronómico, a pesar de la aplicación de diferentes biofertilizantes foliares (Nitragua, Maxfum, ADMF), ninguna de las variables analizadas mostró diferencias significativas en comparación con el grupo testigo, esto sugiere que, en el contexto específico de esta investigación, los biofertilizantes foliares no tuvieron un impacto observable en las propiedades del pasto Saboya.
En términos de composición química bromatológica, los biofertilizantes foliares no tuvieron un efecto significativo en la mayoría de las variables analizadas, excepto en el contenido de proteína cruda y de fibra detergente ácido (FDA), aunque hubo similitudes entre las fuentes de biofertilización foliar, todas difirieron significativamente del grupo testigo en términos de contenido de FDA, siendo el grupo testigo el que presentó el mayor contenido en esta fracción.

Los resultados de la degradación ruminal *in vitro* de la materia seca fueron similares entre los tratamientos si hubo diferencia a partir de las 6 h, sin diferencias significativas en las fracciones de degradabilidad potencial (DP). Sin embargo, se observaron diferencias en la tasa de degradabilidad (kd) y la degradabilidad efectiva (DE) entre los tratamientos. En particular, el grupo testigo mostró similitudes en respuesta con Nitragua, pero diferencias significativas con Maxfum y ADMF, especialmente al analizar las variables al 5% y al 8% de degradabilidad efectiva.

LITERATURA CITADA

Almaraz, I., Sánchez, P., Torres, N., Herrera, J., Boltini, M., & Rojas, A. 2019. Análisis bromatológico y producción de gas in vitro de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano. Archivos de Zootecnia, 68(262):260-266. https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4145

Alvarado, M. 2020. Efectos de fertilizante edáfico y foliar en el comportamiento agronómico del pasto Mombasa (Panicum máximum Jacq cv Mombasa) en el cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos [Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo].http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7985

ANKOM Technology. 2010. Operator`s manual "Daisy" incubator. ANKOM Technology. https://www.ankom.com/product-catalog/daisy-incubator

AOAC. 2007. Official methods of analysis (18th Ed). Association of Official Analytical Chemists. https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1753366

Avellaneda, J., Bazán, G., Arana, D., Bajaña, D., Herrera, R., & Pinargote, L. 2022. Biodisponibilidad ruminal de minerales del pasto King Grass (Pennisetum purpureum) fertilizado con nitrógeno. Revista Ciencia y Tecnología, 15(1):35-40. https://doi.org/10.18779/cyt.v15i1.541

Avellaneda, J., González, S., Pinos, J., Hernández, G., Montañez, O., & Ayala, J. 2007. Enzimas fibrolíticas exógenas en la digestibilidad *in vitro* de cinco ecotipos de Brachiaria. *Agronomía Mesoamericana, 18*(1):11-17.https://doi.org/10.15517/am.v18i1.5032

Benalcázar-Carranza, B., López-Caiza, V., Gutiérrez-León, F., Alvarado-Ocho, S., & Portilla-Narváez, A. 2021. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de cinco pastos perennes en Ecuador. Pastos y Forrajes, 44:1-9. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100005

Cazzulli, G. 2010. Ambiente ruminal y producción de proteina microbiana en terneras según el horario de corte de la pastura consumida. [Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de la República, Uruguay]. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/19872

Díaz, E. 2015. Efecto de cuatro fertilizantes foliares inorgánicos sobre las características agronómicas y rendimiento del pasto Panicum maximum cultivar Tanzania en Zungarococha- Iquitos - Loreto [Tesis de Ingenriero Agrónomo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruna]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3338

Erazo, M. 2014. Comportamiento agronómico y valor nutricional del pasto Tanzania (Panicum Máximum Cv.) con abonos orgánicos en diferentes estados de madurez en el campo experimental La Playita-La Maná [Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi]. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3534/1/T-UTC-00811.pdf

García, F. 2017. Manejo sostenible de nutrientes en los sistemas agrarios . IV Congreso Nacional de Ciencias Agrarias . San Lorenzo - Paraguay. http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/9972F6D0989E3DDA84258108000FCD46/$FILE/FGarcia%20-%20Conferencia%20IVCNCA_2017.pdf

Gaviria, X., Naranjo, J., & Barahona, R. 2015. Cinética de fermentación in vitro de Leucaena leucocephala y Megathyrsus maximus y sus mezclas, con o sin suplementación energética. Pastos y Forrajes, 38: 55-63.http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000100006

Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Tempio, G. 2013. Tackling climate chsnge through livestock. A global assessment of emissins and mitigatin opprtunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations : https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf

León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador. Siembra y producción de pastura. Quito: Editorial Universitaria Abya-Yala. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf

Pérez, F. 2017. Nutrición Mineral. Fisiología vegetal. Universidad Nacional de Ucayalí http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf

Pérez, P., & Toranzos, M. 2004. Pastos tropicales: Tecnología necesaria para la ganadería regional. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/18-pastos_tropicales.pdf

SAS. 2011. Statistical Analysis System. Versión 9.3. Procedure guide. SAS Inc. https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/base/procstat93m1.pdf

Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implicaction in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 74:3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS INOCULADAS CON DIFERENTES DOSIS DE BIOINSUMOS

GERMINATION OF LEGUME SEEDS INOCULATED WITH DIFFERENT DOSES OF BIOINPUTS

Renny Barrios-Maestre[1], Ramón Silva-Acuña[2] y Guillermo Romero-Marcano[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Monagas, San Agustín de la Pica, Estado Monagas, Venezuela
[2]Universidad de Oriente, Postgrado de Agricultura Tropical, *Campus* Juanico, Maturín, Monagas, Venezuela

Email: drramonsilvaa@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 15/04/2024

Aceptado: 28/07/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(1):54-63

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15i1.499

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de los bioinsumos: Bio Optimize, Inoc-Rhizos, Microforte, Probio Fert y Humato K+, aplicados por atomización a semillas de soya, caraotas y frijol, previa a la siembra, se realizaron ensayos independientes con 300 g de semillas de cada uno de los cultivos, donde los tratamientos se derivaron de un arreglo factorial 5x2+1, correspondientes a bioinsumos, dosis, más un tratamiento testigo. Se empleó el diseño de bloques al azar, cuatro repeticiones, la unidad experimental constituida por una bandeja con 100 semillas. Se cuantificó el porcentaje de germinación diariamente y el porcentaje acumulado con su respectivo índice de velocidad de germinación; de manera similar, la longitud del hipocótilo y el diámetro de la radícula. El manejo de los datos y análisis estadísticos se realizó con el InfoStat; los efectos directos comparados por Scott-Knott a 5%, las comparaciones entre el testigo y los demás tratamientos, por Dunnett a 5%, y las interacciones significativas desglosadas e interpretadas. Las semillas de soya resultaron más sensibles al tratamiento con bioinsumos que las semillas de frijol y caraota, observado en el porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación. Los mejores resultados fueron obtenidos con los bioinsumos Humato K+ y Probio Fert. Hubo mayor desarrollo radicular de las plántulas de frijol y caraota. La aplicación de dosis de bioinsumos superiores a las recomendadas no garantiza mejoras en las variables de germinación de las leguminosas y puede causar efecto perjudicial como el caso de las semillas de soya.

Palabras clave: Bioestimulantes, *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, *Vigna unguiculata*

Abstract

With the objective of evaluating the effect of the bioinputs: Bio Optimize, Inoc-Rhizos, Microforte, Probio Fert and Humate K+, applied by atomization to soybean, bean and bean seeds, prior to sowing, independent trials were carried out with 300 g of seeds of each of the crops, where the treatments were derived from a 5x2+1 factorial arrangement, corresponding to bioinputs, doses, plus a control treatment. The randomized block design was used, four repetitions, the experimental unit consisting of a tray with 100 seeds. The germination percentage was quantified daily and the accumulated percentage with its respective germination speed index; similarly, the length of the hypocotyl and the diameter of the radicle. Data management and statistical analysis were carried out with InfoStat; the direct effects compared by Scott-Knott at 5%, the comparisons between the control and the other treatments, by Dunnett at 5%, and the significant interactions broken down and interpreted. Soybean seeds were more sensitive to treatment with bioinputs than bean and caraota seeds, observed in the germination percentage and the germination speed index. The best results were obtained with the bioinputs Humate K+ and Probio Fert. There was greater root development of bean and sweet bean seedlings. The application of doses of bioinputs higher than those recommended does not guarantee improvements in the germination variables of legumes and can cause harmful effects, as is the case with soybean seeds.

Keywords: Biostimulants, *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, *Vigna unguiculata*

INTRODUCCIÓN

La rapidez y uniformidad de germinación en las semillas, así como también la emergencia de plántulas, son variables axiomáticas para el establecimiento exitoso de cultivos a escala comercial (Mahakham *et al*., 2017). Hoy, tanto para la academia como para la industria de semillas, este tipo de estudio, constituye una línea de investigación abordada con el uso de bioinsumos, en otras palabras, sustancias capaces de actuar como bioestimulantes; además de ser amigables con el ambiente.

Los microorganismos eficientes (ME), ahora denominados bioinsumos, (Morocho y Leiva-Moreno, 2019), surgen en la década de los 60. Los mayores avances se inician en la década de los 70, con los estudios del profesor Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, enfocados en la búsqueda de alternativas naturales para la producción agrícola (Quispe y Chávez, 2017). Los ME son descritos por Hoyos *et al*. (2008) como productos líquidos con la participación de alrededor de 80 especies, unas aeróbicas, otras anaeróbicas e incluso fotosintetizantes, con la particularidad de coexistir y complementarse en comunidades microbianas; por otro lado, los ME han mostrado efectos beneficiosos en el tratamiento de aguas negras, en la reducción de malos olores, en la producción de alimentos libres de agroquímicos, en el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, en la industria de procesamiento de alimentos, en fábricas de papel, mataderos y municipalidades, entre otros (Feijoo, 2016). De acuerdo con lo descrito por Hoyos *et al*. (2008) y Quispe y Chávez (2017), además de identificar 80 especies eficaces, se observó de manera aleatoria, que al aplicar una mezcla de ME, ocurría un estímulo importante en el crecimiento de las plantas. En 1982, Higa presentó una formulación comercial conocida como ME® para el acondicionamiento biológico de suelos, que consistía en un grupo de especies de microorganismos que podían coexistir en un pH aproximado de 3,5 (Tanya-Morocho y Leiva-Mora, 2019).

Actualmente, los microorganismos son ampliamente utilizados en la agricultura, especialmente cuando el interés es reducir los costos de producción, minimizar el daño al medio ambiente y disminuir la dependencia de agroquímicos (Maheshwari *et al*., 2012). Particularmente, las denominadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB), favorecen de forma significativa el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de varios mecanismos de acción, como la síntesis de fitohormonas y la absorción más eficiente de nutrimentos (Ahemad y Khan, 2012), o el control biológico de patógenos (Zhang *et al*., 2011).

Morocho y Leiva-Moreno (2019) señalan que los bioinsumos están representados por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con actividad fermentativa; además, poseen numerosas aplicaciones agrícolas, favorecen la germinación de semillas, incrementan la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos, la biomasa, garantizan la reproducción exitosa en las plantas, mejoran la estructura física y química de los suelos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades; asimismo, incrementan la actividad fotosintética y la absorción de agua y nutrimentos en las plantas, y también reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos, en particular durante el composteo, que ofrece importantes aplicaciones agrícolas.

De manera general, el tratamiento de semillas con el uso de agentes de imprimación puede mejorar el valor de germinación de semillas débiles, dañadas o envejecidas (Dragicevic *et al*., 2013), incluso en entornos adversos (Butler *et al*., 2009). Los agentes comúnmente usados incluyen al polietilglicol, sales inorgánicas, nutrimentos y agua corriente con particulares características de efectividad y optimización para cada especie de cultivo (Hussain *et al*., 2015). Por lo tanto, existe la necesidad creciente de desarrollar nuevos agentes imprimadores para mejorar la germinación de semillas de diversas plantas de cultivo. Campobenedetto *et al*. (2020) indican que diferentes moléculas tienen potencial para actuar como bioestimulantes contra estrés abióticos, considerando entre ellos a los aminoácidos, hormonas, especies reactivas de oxígeno, nitrógeno y azufre o simplemente agua.

Los bioinsumos como productos de origen biológico constituyen una de las banderas atractivas vinculadas a las soluciones sustentables; las empresas del sector agro-biotecnológico los incorporan para mejorar las prácticas agrícolas relacionadas con acciones más amigables con el ambiente (Lagler 2017); donde, la sostenibilidad, entre otros aspectos, involucra la conservación del suelo, el uso adecuado de agroquímicos, el mantenimiento de la diversidad genética vegetal, animal y microbiana, el aprovechamiento del agua para riego y el manejo integrado de plagas (Vicien, 1992); sin embargo, el sector de bioinsumos agropecuarios en Venezuela es percibido como altamente informal, se caracteriza por la existencia de empresas en el Registro Único Nacional de Salud Agrícola Integral –RUNSAI– que no operan en el país; de modo análogo, productos registrados que ya no se ofrecen, así como también, de la existencia en el mercado de productos no registrados, entre otras. La totalidad de los bioinsumos ofertados, es de producción nacional, referidos a biocontroladores y biofertilizantes. Es de hacer notar, que de las empresas que operan en la

producción de bioinsumos, solo una realiza actividades de investigación y desarrollo (FUSAGRI y IICA, 2022).

Los bioinsumos han sido usados en el tratamiento de semillas contra patógenos (Paz *et al*., 2019) indicando que el extracto de ajo casero a 80% controla a Alternaria sp., de modo análogo, en semillas de acelga y zanahoria. Los reportes de Da Silva-Medina *et al*. (2024) y Castillo-Quiroz *et al*. (2018), indican que los bioinsumos, cuando son aplicados como tratamientos de semillas, producen cambios en su entorno que van desde el control de patógenos a la activación de microorganismos. Los bioinsumos, cambian el metabolismo de tejidos, órganos, células y mejoran la instalación y su crecimiento; en consecuencia, estos cambios, dependiendo de las interacciones con el ambiente, generan mejoras en la producción. Bajo este enfoque, Rivero-Quijada *et al*. (2013) encontraron que los extractos acuosos se presentan como alternativas válidas para el manejo integrado de la bacteriosis vascular en el cultivo de la yuca; mientras que, Salazar-González *et al*. (2019) demostraron que diversos extractos vegetales inhiben el crecimiento fúngico en condiciones de laboratorio.

En función de los anteriores hallazgos; además, cabe considerar que el ciclo de vida de una planta, la germinación es una etapa crítica y constituye el primer paso exitoso en el establecimiento del cultivo, particularmente en condiciones desfavorables, el tratamiento a la semilla, previo a la siembra, es una técnica eficaz, y económica; en consecuencia, el objetivo de la presente investigación se focaliza en evaluar el efecto de cinco bioinsumos en dos dosis, aplicados por atomización sobre variables del proceso de germinación de semillas de soya, caraotas y frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Monagas, ubicado en San Agustín de la Pica a 9º53'35" LN y 62º59'30" LO, en Maturín, Estado Monagas, Venezuela, considerándose las siguientes leguminosas: soya (*Glycine max* var. CV 780), caraota (*Phaseolus vulgaris* var. Tacarigua) y frijol (*Vigna unguiculata* var. Tuy). Se realizaron tres experimentos independientes con 300 g de semillas de cada uno de las mencionadas especies, atomizadas con los siguientes bioinsumos: Bio Optimize, Inoc-Rhizos, Microforte, Probio Fert y Humato K^+, cuya composición y mecanismo de acción se encuentra descrito en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición y mecanismo de acción de cinco bioinsumos estimulantes de la germinación

Bioinsumo	Composición	Modo de acción
Bio Optimize	Consorcio vegetal y de algas Minerales 0,532% Aminoácidos totales 40,6% Inertes 58,67%	Restauración de poblaciones microbianas locales de un ecosistema. Protege, nutre y optimiza la reactivación de procesos biológicos y funciones del suelo.
Inoc-Rhizos	*Rhizobium* sp. $1x10^8$ UFC.mL^{-1}; *Bradyrhizobium* sp. $1x10^8$ UFC.mL^{-1}; *Azospirillum brasiliense* $1x10^8$ UFC.mL^{-1}; Bioactivadores: 0,2% p/v; Nutrientes orgánicos 20% p/v;	Fijación biológica de nitrógeno atmosférico y producción de sideróforos. Induce mayor índice de germinación. Promueve el crecimiento, el desarrollo radicular. Favorece la absorción de agua y nutrimentos. Crea una barrera protectora contra patógenos de la raíz.
Microforte	Ácidos Húmicos 0,4%; Macroelementos: C=12%; N = 2,52%; P_2O_5 = 2%; K_2O = 2,5%; Ca = 2,5%; Mg = 2,0%; S =3,0%; Zn = 7,0%; tenores de 0,2 – 1% de Co, Mo, Cu, B, Mn, Na, Fe	Coadyuvante de inoculación y nutrición microbiana. Promueve alto rendimiento metabólico y fisiológico de los microorganismos para aumentar su tasa de instalación y colonización de nuevos espacios.
Probio Fert	Células bacterianas, blastosporos, metabolitos primarios y secundarios Cepas sinergéticas de: *Pseudomonas* sp., *Trichoderma viridae, Bacillus* sp., *Nocardias*, *Rhizobium* sp.; *Azospirillum brasilensis*; Bioactivadores 0,1%; Nutrimentos orgánicos 20% v	Biofertilizante. Mezcla de microorganismos vivos para promover mayor enraizamiento, desarrollo, crecimiento, floración y llenado de frutos. Solubiliza fósforo, moviliza el potasio, fija el nitrógeno, captura del carbono, favorece la síntesis de sustancias y hormonas promotoras del crecimiento.
Humato K^+	Materia orgánica 20%; Ácidos fúlvicos 10%; Ácidos húmicos 2,4%; Macroelementos: C = 10,4%; N = 2,8%; K_2O = 2,0%	Biofertilizante. Bioestimulante. Acondicionador de suelos. Regula el pH. Mejora la absorción de nutrimentos. Aumenta actividad microbiológica. Favorece la resistencia a condiciones de sequía, heladas, salinidad y enfermedades. Estimula el crecimiento vegetal y fortalece síntesis de clorofila.

En el cuadro 2 se muestran los tratamientos evaluados, donde se consideran los cinco bioinsumos con dos dosis cada uno, la recomendada por el fabricante y tres veces la dosis recomendada. Para la aplicación de los tratamientos, las semillas fueron asperjadas con un atomizador Manaplas, modelo 0096-1108, de 400 mL de capacidad, empleando el volumen de agua determinado de acuerdo a la masa de las semillas. La dosis empleada del bioinsumo se calculó en función a la masa de cada muestra y se calibró el caudal de emisión del atomizador para lograr el volumen óptimo que permite humedecer adecuadamente cada grupo de semillas. Posteriormente, las semillas fueron secadas al aire, contenidas en bandejas metálicas ubicadas sobre los mesones en el laboratorio.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados para determinación del efecto de bioinsumos sobre la germinación de cultivos.

Bioinsumo	Dosis comercial.100 kg de semillas		Dosis mL.Kg^{-1}	Dosis recomendada mL.300 g^{-1}	Dosis triple mL.300 g^{-1}
	L	mL			
1- Bio Optimize	0,02	20	0,2	0,06	0,18
2- Inoc-Rhizos	0,8	800	8	2,4	7,2
3- Microforte	0,3 - 0,5	300-500	3 a 5	1,2	3,6
4- Probio Fert	0,3	300	3	0,9	2,7
5- Humato K^+	0,7 -1	700-1000	7 a 10	2,1	6,3

Las pruebas de germinación se realizaron sobre bandejas de aluminio con las siguientes dimensiones: 48,5 cm de largo, 43,3 cm de ancho y 0,8 cm de alto, las cuales fueron lavadas con jabón comercial y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2%. Seguidamente, se procedió a la distribución de las semillas sobre toallas de papel absorbente (Toallas Multiusos Absorbo, Papeles Venezolanos C.A. –PAVECA–) y se cubrieron con dos capas del mismo papel absorbente humedecido.

Variables cuantificadas

La evaluación de las unidades experimentales para determinar el porcentaje de germinación, comenzó 24 horas después de colocar las semillas, y continuó a ese mismo intervalo, hasta finalizar el proceso de germinación de acuerdo con la normativa ISTA (1985). Se consideró como semilla germinada, aquella que presentó longitud de radícula superior a 1 cm. Una vez contadas las semillas germinadas fueron retiradas de la bandeja en cada una de las evaluaciones. El valor de germinación obtenido en las sucesivas lecturas fue acumulado hasta la evaluación final, y en cada caso se calculó el porcentaje de germinación respectivo. Para la determinación del índice de velocidad de germinación –IVG– se utilizó la Ecuación 1.

$$IVG = \frac{G\ 2\ dias}{2} + \frac{G\ 3\ días}{3} + \frac{G\ 4\ días}{4} \qquad (1)$$

Donde G = número de semillas germinadas.

Para realizar la cuantificación de la longitud del hipocótilo y el diámetro de la radícula, durante los muestreos realizados por bandeja, se seleccionaron diez semillas germinadas al azar y descartadas después de evaluadas. La longitud se cuantificó con una cinta métrica rígida y el diámetro de la radícula con un vernier digital marca Mitutoyo Absolute Digimatic, colocado a nivel del cuello de la plántula.

Diseño experimental y tratamiento estadístico

Los tratamientos evaluados fueron derivados de un arreglo factorial 5 x 2 + 1 (Uday-Patiño, 2015) correspondientes a la combinación de la semilla de cada cultivo comercial con los cinco bioinsumos, dos dosis del bioinsumo, más un tratamiento testigo (sin aplicación). Se empleó el diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y la unidad experimental representada por una bandeja de germinación contentiva de 100 semillas.

El manejo de los datos y su respectivo análisis estadístico se realizaron con el programa estadístico InfoStat Versión 2020 (Di Rienzo *et al.,* 2020). Los efectos directos de los factores fueron comparados a través de la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad, las comparaciones de promedios en relación al tratamiento testigo se realizó por la prueba de Dunnett a 5% de probabilidad; mientras que, las interacciones significativas fueron desglosadas e interpretadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resumen del análisis de varianza para el porcentaje de germinación se presenta en el cuadro 3, en el cual se destaca que sólo se detectaron diferencias significativas para las semillas de soya, específicamente para el factor bioinsumo en las evaluaciones efectuadas el día 2 y 3 de la germinación. Para las semillas de los cultivos de caraota y frijol no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos considerados en esta investigación.

Cuadro 3. Resumen del análisis de varianza (cuadrados medios) para el porcentaje de germinación de semillas de tres leguminosas, en respuesta a dos dosis de bioinsumos.

FV	GL	*G. max*			*P. vulgaris*		*V. unguiculata*	
		Día 2	Día 3	Día 4	Día 2	Día 3	Día 2	Día 3
Testigo vs. Bioinsumos	1	30,58^{ns}	2,04^{ns}	0,45^{ns}	13,13^{ns}	0,23^{ns}	27,50^{ns}	8,74^{ns}
Bioinsumo	4	625,7**	687,2**	2,40^{ns}	26,65^{ns}	23,75^{ns}	23,75^{ns}	6,10^{ns}
Dosis	1	577,6^{ns}	640,0^{ns}	0,90^{ns}	0,40^{ns}	2,50^{ns}	8,10^{ns}	4,90^{ns}
Bioinsumos * Dosis	4	124,9^{ns}	132,3^{ns}	1,40^{ns}	11,15^{ns}	6,25^{ns}	37,85^{ns}	4,40^{ns}
Error	33	153,73	149,73	1,18	15,90	8,42	19,82	5,00
W (Shapiro-Wilk)		0,83**	0,78**	0,61**	0,95^{ns}	0,81**	0,91**	0,84**
Prueba de Bartlett			> 0,05			> 0,05		> 0,05
CV (%)		15,72	73,75	159,4	4,37	8,65	4,84	86,30

Significativos a 1(**) y 5 (*) % de probabilidad por la prueba de F; ns = No significativo.

La comparación de los promedios del porcentaje de germinación para los diferentes bioinsumos, en relación con el testigo se presenta en el cuadro 4. En el caso de la soya, para el segundo día del proceso de germinación se detectó que los bioinsumos Humato K^+, Probio Fert, Bio Optimize y Microforte generaron una respuesta similar al tratamiento testigo, con porcentajes de germinación entre 76,5 y 82,3%; mientras que, Inoc-Rhizos presentó valores de germinación inferiores al tratamiento testigo (64,8%), lo cual se revirtió para el tercer día, donde el bioinsumo Inoc-Rhizos superó al testigo (32,0%), lo cual implica cierto retraso en la velocidad de germinación. El resto de los bioinsumos fueron idénticos al tratamiento control para el tercer día. En el caso de caraota y frijol, los porcentajes de germinación fueron similares a las obtenidas en el tratamiento testigo, con valores entre 88 y 100%.

Cuadro 4. Comparación independiente de la germinación de tres leguminosas tratadas con cinco bioinsumos en relación al testigo.

Categorías en relación al testigo	*G. max*		*P. vulgaris*		*V. unguiculata*	
	Día 2	Día 3	Día 2	Día 3	Día 2	Día 3
Superior	------	IR	------	------	------	------
Similar	HK, PF, BO, MF	HK, PF, BO, MF	HK, PF, BO, IR, MF	HK, PF, BO, IR, MF	HK, PF, BO, IR, MF	HK, PF, BO, IR, MF
Inferior	IR	------	------	------	------	------
DMS	17,11	16,89	------	------	------	------

HK = Humato K+; PF = Probio Fert; BO = Bio Optimize; MF = Microforte; IR = Inoc-Rhizos (IR).
Las diferencias fueron calculadas por la prueba de Dunnett a 5 % de probabilidad.

En el cuadro 5 se reporta el resumen del análisis de varianza para el índice de velocidad de germinación, la longitud y el diámetro radicular para las semillas de los cultivos evaluados. Para la variable índice de velocidad de germinación sólo se detectaron diferencias estadísticas en las semillas de soya para el factor bioinsumos; para la variable longitud radicular solamente hubo diferencias estadísticas para las semillas de caraota, para la comparación de los bioinsumos contra el testigo y entre bioinsumos; mientras que, para la variable diámetro radicular, se encontraron diferencias para todos los cultivos: en el caso de soya se detectó diferencias entre dosis de bioinsumos, para caraota y frijol hubo diferencias entre el testigo y los bioinsumos, y también se determinó una interacción significativa entre bioinsumos y dosis para las semillas de frijol.

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza (cuadrados medios) para el índice de velocidad de germinación (IVG), longitud radicular (LR) y diámetro radicular (DR) de semillas de tres leguminosas, en respuesta a dos dosis de bioinsumos.

FV	Gl	*G. max*			*P. vulgaris*			*V. unguiculata*		
		IVG	LR	DR	IVG	LR	DR	IVG	LR	DR
Testigo vs. Bioinsumos	1	0,15^{ns}	0,51^{ns}	0,02^{ns}	0,97^{ns}	0,69**	0,06**	0,67^{ns}	0,21^{ns}	0,14*
Bioinsumos	4	4,25*	0,93^{ns}	0,03^{ns}	0,56^{ns}	0,56**	0,02^{ns}	0,99^{ns}	0,15^{ns}	0,02^{ns}
Dosis	1	2,80^{ns}	0,66^{ns}	0,10*	0,18^{ns}	0,03^{ns}	0,001^{ns}	0,12^{ns}	0,001^{ns}	0,001^{ns}
Bioinsumos * Dosis	4	1,11^{ns}	0,29^{ns}	0,02^{ns}	0,51^{ns}	0,04^{ns}	0,01^{ns}	1,78^{ns}	0,60^{ns}	0,07*
Error	33	1,46	0,46	0,02	0,71	0,06	0,01	0,89	0,46	0,02
W (Shapiro-Wilk)		0,92*	0,96^{ns}	0,93^{ns}	0,96^{ns}	0,96^{ns}	0,91**	0,89**	0,96^{ns}	0,98^{ns}
Prueba de Bartlett			> 0,05			> 0,05			> 0,05	
Coeficiente de variación (%)		5,36	23,46	6,02	3,61	4,96	4,13	4,03	14,51	7,19

Significativos a 1(**) y 5 (*) % de probabilidad por la prueba de F; ns = No significativo.

La comparación de promedios de los bioinsumos para el índice de velocidad de germinación (IVG) de soya evidencia que los bioinsumos Humato K^+ y Probio Fert fueron similares entre sí y superiores estadísticamente al grupo formado por los bioinsumos Bio Optimize, Microforte, e Inoc-Rhizos, los cuales presentaron índices de velocidad de germinación más bajos (Cuadro 6). En relación a la longitud radicular de plántulas de caraota, también se conformaron dos grupos claramente definidos: el primero conformado por los bioinsumos Humato K^+, Probio Fert e Inoc-Rhizos, similares entre sí y estadísticamente superiores a los bioinsumos Bio Optimize y Microforte

Cuadro 6. Comparación de valores promedios del índice de velocidad de germinación (IVG) de soya y de longitud radicular de plántulas de caraota en respuesta a cinco bioinsumos

Bioinsumo	IVG - *G. max*		LR - *P. vulgaris*	
Humato K+	23,42	A	5,21	A
Probio Fert	23,15	A	5,17	A
Bio Optimize	22,27	B	4,86	B
Microforte	22,29	B	4,80	B
Inoc-Rhizos	21,61	B	5,44	A

Valores seguidos de letras diferentes en las columnas difieren entre sí por la prueba de Scott-Knott a 5% de probabilidad

La comparación de los bioinsumos con relación al testigo para las variables longitud y diámetro radicular de plántulas de las tres leguminosas se presenta en el Cuadro 7. En el caso de la soya, todos los bioinsumos tuvieron un comportamiento similar al testigo para ambas variables; para la caraota, los bioinsumos Humato K^+, Inoc-Rhizos y Probio Fert fueron estadísticamente superiores a tratamiento testigo, tanto para la longitud como para el diámetro radicular, en este último caso Bio Optimize también resultó superior al testigo. En el caso particular del frijol, todos los tratamientos fueron similares al testigo en relación a la longitud de la radícula de las plántulas; mientras que, para el diámetro radicular, los bioinsumos Humato K^+ y Probio Fert resultaron superiores al tratamiento testigo. Cabe destacar que para ninguna de las variables evaluadas en las tres leguminosas se obtuvieron valores promedios inferiores al tratamiento testigo.

En relación con el efecto significativo de las dosis de bioinsumos sobre el diámetro radicular de las plántulas de soya, se constató que la dosis recomendada resultó estadísticamente superior en relación con la dosis triple, con valores de 2,27 cm y 2,17 cm, respectivamente. Por su parte, el desdoblamiento de la interacción significativa bioinsumos*dosis para el diámetro radicular de plántulas de frijol, indica que el incremento de la dosis de

Cuadro 7. Comparación independiente de la longitud y el diámetro radicular de tres leguminosas tratadas con cinco bioinsumos en relación con el testigo.

Categorías en relación al testigo	*G. max*		*P. vulgaris*		*V. unguiculata*	
	Longitud radicular	Diámetro radicular	Longitud radicular	Diámetro radicular	Longitud radicular	Diámetro radicular
Superior	---	---	HK, PF, IR	HK, BO, PF, IR	---	HK, PF
Similar	HK, PF, BO, IR, MF	HK, PF, BO, IR, MF	BO, MF	MF	HK, PF, BO, IR, MF	BO, IR, MF
Inferior	---	---	---	---	---	---
DMS	---	---	0,46	0,06	---	0,19

HK = Humato K+; PF = Probio Fert; BO = Bio Optimize; MF = Microforte; IR = Inoc-Rhizos (IR).
Las diferencias fueron calculadas por la prueba de Dunnett a 5 % de probabilidad.

bioinsumos redujo significativamente el diámetro radicular al pasar de 2,29 mm con la dosis recomendada comercialmente a un promedio de 2,06 mm cuando se utiliza el triple de la dosis recomendada.

En términos generales, los bioinsumos no tuvieron efectos sobre el porcentaje de germinación de las leguminosas, a excepción de Inoc-Rhizos que indujo cierto retraso en la germinación de la soya para el segundo día, pero que fue compensado para el tercer día.

Los bioinsumos evaluados durante esta investigación sólo afectaron el índice de velocidad de germinación de las semillas de soya, encontrándose que Humato K+ (a base de MO y ácidos húmicos y fúlvicos) y Probio Fert (constituido por cepas sinergéticas de microorganismos) produjeron los mejores resultados. Dichos bioinsumos también produjeron mayor diámetro radicular en plántulas de frijol; mientras que, en plántulas de caraota indujeron mayor longitud radicular, lo cual también fue producido por Inoc-Rhizos (cepas de microorganismos).

Estos resultados concuerdan con los de Filipini *et al*. (2021) quienes reportaron un efecto aditivo de co-inoculación a través de la aplicación de *Bradyrhizobium* combinados con *Azospirillum* en semillas de caraota, lo cual dio como resultado plantas de mayor vigor y con mayor biomasa vegetal en comparación con las plantas no inoculadas. Diversos investigadores afirman que el efecto sobre el desarrollo y producción de las plantas se debe a la combinación de diversos mecanismos de acción que poseen estas bacterias (Queiroz-Rego *et al*., 2018; Cassán *et al*., 2009; Benintende *et al*., 2010; Hungria *et al*., 2013).

Queiroz-Rego *et al*. (2018) asociaron el aumento del vigor de las semillas a los efectos hormonales inducidos por *B. japonicum* y *A. brasiliense*, considerando que varios grupos de hormonas vegetales están relacionados con la fisiología de las semillas. Bakonyi *et al*. (2013) informaron que los efectos beneficiosos sobre la germinación proporcionada por las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB) podrían explicarse por la síntesis de fitohormonas y el aumento de la movilización de nutrientes de las semillas por su acción. Gholami *et al*. (2009) observaron que las PGPB contribuyeron significativamente a la germinación y vigor de las semillas de maíz, lo cual fue relacionado con la síntesis de fitonutrientes que actúan sobre actividad de varias enzimas involucradas en el proceso de germinación, haciendo que la germinación se produzca más rápido.

Ureche *et al*. (2021) demostraron la eficacia de diferentes cepas nativas de PGPR solas o combinadas en la germinación, el vigor, la longitud y el diámetro de las raíces de plántulas de pimentón. Se han informado mejoras similares en condiciones de crecimiento controlado en una amplia gama de especies vegetales como el tomate, la cebolla, la lechuga y la zanahoria (Moustaine *et al*., 2017; Phale, 2018; Khosravi *et al*., 2018).

Braziene *et al*. (2021) encontraron que el uso de ácidos fúlvicos para el tratamiento de semillas aumentó el porcentaje de germinación y disminuyó el tiempo medio de germinación en trigo, cebada y remolacha azucarera; redujo el número de brotes de trigo y cebada dañados por *Fusarium* sp. y *Microdochium nivale*; además, los ácidos fúlvicos aumentaron la longitud y el peso seco de brotes y raíces de trigo y cebada. Resultados similares fueron reportados por Khashroum *et al*. (2024) evaluando la germinación de semillas de cucurbitáceas. Por su parte, Qin *et al*. (2016) afirman que el aumento de la concentración de ácidos fúlvicos durante el tratamiento de semillas de trigo conduce a una disminución en la germinación.

Matysiak *et al*. (2011) reportaron que los extractos de algas pardas *Ecklonia maxima* y *Saragassum* spp. y los ácidos húmicos y fúlvicos mejoraron la capacidad de germinación de las semillas de maíz, resultando mayor peso de brotes y raíces en plántulas de semillas tratadas. En tal sentido, afirman que los ácidos húmicos aumentaron la permeabilidad de las membranas celulares y afectaron significativamente el aumento del vigor de germinación de las semillas, la intensificación del crecimiento de las plántulas, el crecimiento del peso de las raíces y el desarrollo de los brotes. También se conoce el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos para limitar el desarrollo de algunos patógenos, como *Fusarium* spp. (Yigit y Dikilitaş, 2008).

Dentro de los insumos evaluados, Bio Optimice en su composición contiene cierta proporción de aminoácidos; sin embargo, estos componentes no produjeron diferencias estadísticas en la germinación de las leguminosas, a pesar Abdelkader *et al*. (2023) reportaron que el tratamiento de semillas de cebolla con aminoácidos mejoró el porcentaje de germinación, el índice de vigor y el índice de tasa de germinación y tomó el menor tiempo de germinación en comparación con semillas no tratadas, y las variables de crecimiento y desarrollo de las plántulas (longitud de los brotes, longitud de las raíces, peso fresco, materia seca y contenido relativo de agua) se correlacionan positivamente con la aplicación de aminoácidos, dentro delos que se destacaron la glutamina y el triptófano.

En relación con los efectos de Inoc-Rhizos, Probio Fert y Humato K+ sobre el desarrollo radicular de plántulas de frijol y caraota, Cassán *et al*. (2020) afirman que los principales cambios en la arquitectura de las raíces de las plantas son el principal resultado de la inoculación con *Azospirillum*, contenido en las formulaciones de los

bioinsumos, lo cual se asocia a la producción de fitohormonas bacterianas y, más específicamente, por la biosíntesis de ácido indol-3-acético.

Los resultados más evidentes de la mayoría de las inoculaciones con *Azospirillum*, *Rhizobium, Bradyrhizobium* y *Pseudomonas* son los cambios en la arquitectura de las raíces de las plantas. La inoculación de semillas de leguminosas puede promover el alargamiento de las raíces (Domingues-Duarte *et al*., 2020; Rondina *et al*., 2020), el desarrollo de raíces laterales, adventicias y pelos radiculares (Choudhary *et al*., 2022; Kumawat *et al*., 2022), y ramificación de pelos radiculares (Rondina *et al*., 2020; Mia, 2022), algunos de los cuales también ocurren en muchas especies de plantas, consecuentemente aumentan y mejoran significativamente su sistema radicular. Generalmente se acepta que estas respuestas de desarrollo en la morfología de la raíz son desencadenadas por fitohormonas, posiblemente con la ayuda de sus moléculas asociadas.

CONCLUSIONES

Las semillas de soya resultaron más sensibles al tratamiento con bioinsumos que las semillas de frijol y caraota, lo cual se reflejó en la afectación del porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación. Los mejores resultados fueron obtenidos con los bioinsumos Humato K+ y Probio Fert.

Los bioinsumos formulados con base en cepas de microorganismos (Inoc-Rhizos y Probio Fert) y en base a ácidos húmicos y fúlvicos (Humato K+) promovieron mejor desarrollo radicular de las plántulas de frijol y caraota.

La aplicación de dosis de bioinsumos superiores a las recomendadas no garantiza mejoras en las variables de germinación de las leguminosas y puede causar efecto perjudicial en el caso de las semillas de soya.

LITERATURA CITADA

Abdelkader, M., Voronina, L., Puchkov, M., Shcherbakova, N., Pakina, E., Zargar, M., Lyashko, M. 2023. Seed priming with exogenous amino acids improves germination rates and enhances photosynthetic pigments of onion seedlings (*Allium cepa* L.). Horticulturae, 9(1):80. Doi: 10.3390/horticulturae9010080

Ahemad, M., Khan M. S. 2012. Evaluation of plant-growth-promoting activities of rhizobacterium *Pseudomonas putida* under herbicide stress. Ann. Microbiol. 62:1531–1540. Doi: 10.1007/ s13213-011-0407-2

Bakonyi, N., Bott, S., Gajdos, E., Szabo, A., Jakab, A., Toth, B., Veres, S. 2013. Using biofertilizer to improve seed germination and early development of maize. Pol. J. Environ. Stud. 22:1595–1599.

Benintende, S., Uhrich, W., Herrera, M., Gangge, F., Sterren, M. 2010. Comparación entre inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. Agriscientia 27:71–77.

Braziene, Z., Paltanavicius, V., Avizienytė, D. 2021. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity. Environmental Research, 195, 110824. Doi: 10.1016/j.envres.2021.110824

Butler, L., Hay, F., Ellis, R., Smith, R., Murray, T. 2009. Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. Ann. Bot. 103:1261–1270. Doi: 10.1093/aob/mcp059

Campobenedetto, C., Grange, E., Mannino, G., Van Arkel, J., Beekwilder, J., Karlova, R., Garabello, C., Contartese, V., Bertea, C. M. 2020. A biostimulant seed treatment improved heat stress tolerance during cucumber seed germination by acting on the antioxidant system and glyoxylate cycle. Frontiers in plant science, 11, 836. Doi: 10.3389/fpls.2020.00836

Cassán, F., Coniglio, A., López, G., Molina, R., Nievas, S., de Carlan, C. L. N., Donadio, F., Torres, D., Rosas, S., Pedrosa, F. O., de Souza, E., Zorita, M. D., de-Bashan, L., Mora, V. 2020. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. Biology and Fertility of Soils, 56: 461-479. Doi: 10.1007/s00374-020-01463-y

Cassán, F., Perrig, D., Sgroy, V., Masciarelli, O., Penna, C. 2009. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). Eur. J. Soil Biol. 45: 28–35. Doi: 10.1016/j.ejsobi.2008.08.005

Castillo-Quiroz, D., Antonio-Bautista, A., Ávila-Flores, D. Y., Sáenz-Reyes, J. T., Castillo-Reyes, F. 2018. Tratamientos químicos y biológicos para estimular la germinación en semillas de *Nolina cespitifera* Trel. Polibotánica, 45: 147-156. Doi: 10.18387/polibotanica.45.11

Choudhary, A., Kumar, A., Kaur, H., Gautam, H., Venkatapuram, A. K., Bagaria, H., Mehta, S., Husen, A. 2022. Role of plant growth-promoting

Rhizobacterium in adventitious root formation. In Environmental, Physiological and Chemical Controls of Adventitious Rooting in Cuttings (pp. 159-181). Academic Press. Doi: 10.1016/B978-0-323-90636-4.00007-6

Da Silva-Medina, G., Rotondo, R., Rodríguez, G. R. 2024. Innovations in Agricultural Bio-Inputs: Commercial Products Developed in Argentina and Brazil. Sustainability, 16(7): 2763. Doi: 10.3390/su16072763

Di Rienzo, J, A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2020. InfoStat Software Estadístico, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (en línea). Consultado 04 feb. 2024. Disponible en http://www.infostat.com.ar

Domingues-Duarte, C. F., Cecato, U., Trento Biserra, T., Mamédio, D., Galbeiro, S. 2020. *Azospirillum* spp., en gramíneas y forrajeras. Revisión. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(1), 223-240. Doi: 10.1016/j.homp.2013.05.005

Dragicevic, V., Spasic, M., Simic, M., Dumanovic, Z. & Nikolic, B. 2013. Stimulative influence of germination and growth of maize seedlings originating from aged seeds by 2, 4-D potencies. Homeopathy 102: 179–186.

Feijoo, M. A. L. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. Científica Agroecosistemas, 4 (2): 31-40.

Filipini, L. D., Pilatti, F. K., Meyer, E., Ventura, B. S., Lourenzi, C. R., Lovato, P. E. 2021. Application of *Azospirillum* on seeds and leaves, associated with *Rhizobium* inoculation, increases growth and yield of common bean. Archives of Microbiology, 203: 1033-1038. Doi: 10.1007/s00203-020-02092-7

FUSAGRI (Fundación Servicio para el Agricultor) e IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2022. Caracterización del sector bioinsumos agropecuarios en Venezuela. Informe Técnico. 42 p.

Gholami, A., Shahsavani, S., Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Acad. Sci. Eng. Technol. 49: 19–24.

Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L. 2008. Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. Revista MVZ Córdoba, 13 (2): 1369-1379.

Hungria, M., Nogueira, M. A., Araújo, R. S. 2013. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. Biol. Fertil. Soils 49: 791–801. Doi: 10.1007/s00374-012-0771-5

Hussain, S., Zheng, M., Khan, F., Khaliq, A., Fahad, S., Peng, S., Huang, J., Cu, K., Nie, L. 2015. Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. Scientific reports, 5(1): 8101.

ISTA (International Seed Testing Association). 1985. International rules for seed testing. Rules 1985. Seed science and technology, 13(2): 299-513.

Khashroum, A. O., Fawadleh, Y. K., Hamad, H. J., Saewan, S. A., Almashagbeh, I., Alalawneh, M. O., Daradkeh, S. M., Saqr, A. 2024. Effects of addition of humic and fulvic acids on soil properties and germination percentage of cucurbit plants (zucchini and cucumber). Nature Environment & Pollution Technology, 23(1): 537-544. Doi: 10.46488/NEPT.2024.v23i01.050

Khosravi, A., Zarei, M., Ronaghi, A., 2018. Effect of PGPR, phosphate sources and vermicompost on growth and nutrients uptake by lettuce in a calcareous soil. J. Plant Nutr. 41 (1):80–89. Doi: 10.1080/01904167.2017.1381727

Kumawat, K., Singh, I., Nagpal, S., Sharma, P., Gupta, R., Sirari, A. 2022. Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzihabitans* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition, and grain yield of soybean. Pedosphere, 32(3): 438-451. Doi: 10.1016/S1002-0160(21)60085-1

Lagler, J. C. 2017. Bioinsumos: Distintas percepciones haciendo foco en la fertilización biológica. Agronomia & Ambiente, 37 (1): 73-89

Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S., & Theerakulpisut, P. 2017. Nanopriming technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. Scientific reports, 7(1): 8263. Doi: 10.1038/s41598-017-08669-5

Maheshwari, D., Dubey, R., Aeron, A., Kumar, B., Kumar, S., Kumar, N. 2012. Integrated approach for disease management and growth enhancement of *Sesamum indicum* L. utilizing *Azotobacter chroococcum* TRA2 and chemical fertilizer. World J. Microbiol. Biotechnol. 28:3015–3024. Doi: 10.1007/s11274-012-1112-4

Matysiak, K., Kaczmarek, S., Krawczyk, R. 2011. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura, 10(1): 33-45.

Mia, M. B. 2022. Enhanced root morphogenesis in non-legumes as induced by rhizobacteria *Bacillus* spp. In Bacilli in Agrobiotechnology: Plant Stress Tolerance, Bioremediation, and Bioprospecting (pp. 151-168). Cham: Springer International Publishing.

Morocho M, T. y Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola, 46(2): 93-103.

Moustaine, M., Elkahkahi, R., Benbouazza, A., Benkirane, R., Achbani, E., 2017. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. IJEAB2 590–595.Doi: 10.22161/ijeab/2.2.5.

Paz R, M., Abramoff, C., Sisterna, Marina., Lampugnani, G. 2019. Bioinsumo como alternativa de control para hongos que afectan a semillas hortícolas. Investigación Joven, 6(2). https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/9352

Phale, S., 2018. Isolation and screening of multifunctional plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from onion rhizosphere (*Allium cepa*). J. Bioprocess. Biotech. 8 (335), 2. Doi: 10.4172/2155-9821.1000335.

Qin, Y., Zhu, H., Zhang, M., Zhang, H., Xiang, C., Li, B., 2016. GC-MS analysis of membrane-graded fulvic acid and its activity on promoting wheat seed germination. Molecules 21, 1363. Doi: 10.3390/molecules21101363.

Queiroz-Rego, C. H., Cardoso, F. B., da Silva Cândido, A. C., Teodoro, P. E., Alves, C. Z. 2018. Co-inoculation with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* increases yield and quality of soybean seeds. Agronomy Journal, 110(6), 2302-2309. Doi: 10.2134/agronj2018.04.0278

Quispe, Y. C. y Chávez, C. M. F. 2017. Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. Apthapi, 3 (3): 652-666.

Rivero-Quijada, C., Sánchez-Cuevas, M. C., Silva-Acuña, R. 2013. Evaluación de extractos acuosos de diferentes especies vegetales para el control *in vitro* de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Revista Científica UDO Agrícola 13 (1): 66-70.

Rondina, A. B. L., dos Santos Sanzovo, A. W., Guimarães, G. S., Wendling, J. R., Nogueira, M. A., Hungria, M. 2020. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. Biology and Fertility of Soils, 56(4), 537-549. Doi: 10.1007/s00374-020-01453-0

Salazar-González, M., Sánchez-Cuevas, M., Silva-Acuña, R., Romero-Marcano, G. 2019. Evaluación de extractos acuosos de nueve especies de plantas tropicales sobre el crecimiento *in vitro* del hongo fitopatógeno *Sclerotium rolfsii* Sacc. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. 31: 271-282.

Tanya-Morocho, M., Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro agrícola, 46(2):93-103.

Uday-Patiño, M. 2015. Diseño experimental: Factorial AXB + N (en línea). Consultado 18 de octubre, 2023. Disponible en https://bit.ly/3K8LcNs

Ureche, M. A. L., Pérez-Rodríguez, M. M., Ortiz, R., Monasterio, R. P., Cohen, A. C. 2021. Rhizobacteria improve the germination and modify the phenolic compound profile of pepper (*Capsicum annum* L.). Rhizosphere, 18, 100334. Doi: 10.1016/j.rhisph.2021.100334

Vicien, C. 1992. Agricultura sostenible: una metodología para su análisis. Documento de la Cátedra de Administración Rural N° 34. Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.

Yigit F., Dikilitaş M., 2008. Effect of humic acid applications on the root-rot diseases caused by *Fusarium* spp. on tomato plants. Plant Pathology 7(2):179-182.

Zhang, N., K. Wu, X. He, S. Li, and Z. Zhang. 2011. A new bioorganic fertilizer can effectively control banana wilt by strong colonization with *Bacillus subtilis* N11. Plant Soil 344:87–97. Doi: 10.1007/ s11104-011-0729-7